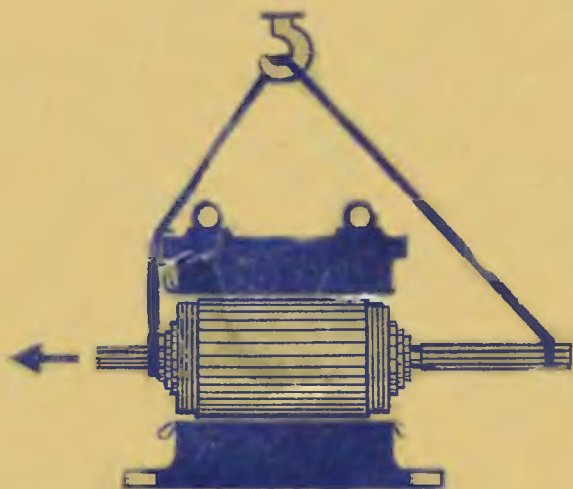


VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ПРОФЕССИОНАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ
ОБРАЗОВАНИЕ



СПРАВОЧНИК

МОЛОДОГО

ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

М. Б. ЗЕВИН, Е. П. ПАРИНИ

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Издание третье, переработанное
и дополненное



МОСКВА «ВЫСШАЯ ШКОЛА» 1984

ББК 31.16
З-47
УДК 621.3.01

Рецензент: канд. техн. наук Н. И. Коротков
(Главный вычислительный центр ЦСУ СССР)

Справочник рекомендован к изданию Государственным комитетом СССР по профессионально-техническому образованию и предназначен для учащихся и инженерно-педагогических работников учебных заведений профтехобразования.

Зевин М. Б., Парини Е. П.

З-47 Справочник молодого электромонтера. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1984. — 192 с., ил. — (Профессионально-техническое образование).

60 к.

Справочник содержит основные сведения по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования промышленных предприятий. Сведения даны применительно к программам профессионально-технических учебных заведений, готовящих электромонтеров по обслуживанию и ремонту промышленных электроустановок.

Третье издание дополнено новым материалом о ремонте кабелей, конструктивном исполнении электрических машин и трансформаторов.

З $\frac{2302030000-168}{052(01)-84}$ 21-84

ББК 31.16
6П2.1.081

Матвей Борисович Зевин
Евгений Павлович Парини

СПРАВОЧНИК МОЛОДОГО ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Зав. редакцией *Э. М. Концевая*
Редактор *М. В. Золоева*
Мл. редакторы *Р. К. Сапожникова, Л. Б. Успенская*
Художник *А. И. Шавард*
Художественный редактор *Л. К. Громова*
Технический редактор *Ю. А. Хорева*
Корректор *Г. А. Четкина*

ИБ № 4049

Изд. № ЭГ-31 Сдано в набор 19.08.83. Подп. в печать 16.02.84. Формат 84×108¹/₃₂. Бум. тип. № 3. Гарнитура литературная. Печать высокая. Объем 10,08 усл. печ. л. 10,29 усл. кр.-отт. 11,59 уч.-изд. л. Тираж 200 000 экз. Зак. № 554. Цена 60 коп.

Издательство «Высшая школа», 101430, Москва, К-51, Неглинная ул., д. 29/14
Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли

600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

© Издательство «Высшая школа», 1978
© Издательство «Высшая школа», 1984, с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Партией и правительством предусмотрено рациональное использование производственного потенциала страны, всемерная экономия всех видов ресурсов и улучшение качества работы.

В решении этих важных задач значительная роль принадлежит электроэнергетике, и в частности персоналу, обслуживающему электротехнические установки. Для успешной эксплуатации и проведения ремонта электроустановок молодые электромонтеры, окончившие профессионально-технические училища, должны знать действующие требования Правил устройства электроустановок (ПУЭ), Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), инструкций, ГОСТов и других справочных материалов.

В I главе справочника приведены общие сведения, необходимые молодому электромонтеру в повседневной работе: простейшие электротехнические формулы и краткие сведения об основных материалах, применяемых в электроустановках.

Во II главе даны сведения по уходу за внутрицеховыми силовыми и осветительными сетями; токовые нагрузки на провода и способы их прокладки; периодичность осмотров и ремонтов, их объем и содержание, профилактические и контрольные испытания.

В III и IV главах приведены сведения по эксплуатации и ремонту кабельных и воздушных линий; токовые нагрузки на кабели, профилактические испытания и ремонт кабельных линий.

В V и VI главах освещены вопросы эксплуатации силового электрооборудования и трансформаторных подстанций.

В VII—X главах даны сведения по ремонту электрооборудования, не связанному с полной его разборкой; основные неисправности и дефекты электрооборудования; сроки и содержание периодических ремонтов; послеремонтные испытания.

Главы I, II, IV—VI написаны Е. П. Парини, главы III, VII—X — М. Б. Зевиним.

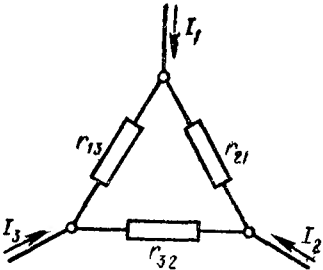
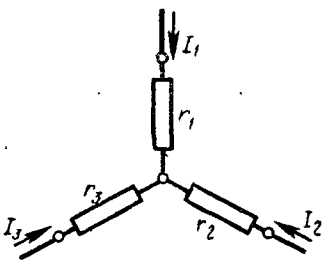
ГЛАВА I. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

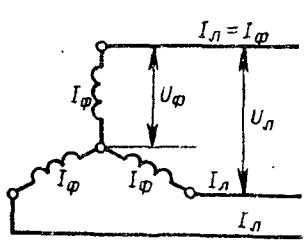
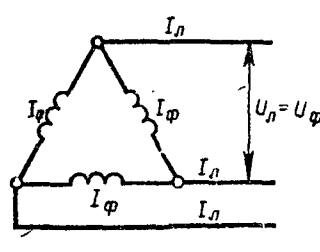
§ 1. Сведения по электротехнике

Таблица 1. Простейшие электротехнические формулы

Формула	Обозначение
Электрическое сопротивление Активное сопротивление (Ом): $r = \rho l / q;$ $r_{\vartheta} = r_{20} [1 + \alpha (\vartheta - 20)]$	r — активное сопротивление проводника, Ом; ρ — удельное сопротивление* проводника, Ом·м; l — длина проводника, м; q — поперечное сечение проводника, м²; r_{ϑ} — активное сопротивление проводника при температуре ϑ, Ом; r_{20} — активное сопротивление проводника при температуре 20 °С, Ом; α — температурный коэффициент сопротивления, 1/град; ϑ — температура проводника, °С
Реактивное сопротивление индуктивности (Ом): $X_L = \omega L = 2\pi f L$ Реактивное сопротивление емкости (Ом): $X_C = 1/\omega C = 1/2\pi f C$ Полное сопротивление (Ом): $Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}$ Соединение электрических сопротивлений: последовательное $Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots + Z_n;$	$\omega = 2\pi f$ — угловая частота, рад/с; f — частота переменного тока, Гц; L — индуктивность, Гн; C — электрическая емкость, Ф $Z_1, Z_2, Z_3, \dots, Z_n$ — сопротивления элементов цепи, Ом

* Часто удельное сопротивление выражают в Ом· $\frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$, тогда сечение проводника — в мм².

Формула	Обозначение
параллельное $\frac{1}{Z} = \frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots + \frac{1}{Z_n}$ Преобразование треугольника сопротивлений в эквивалентную звезду: $r_1 = \frac{r_{21} r_{13}}{r_{21} + r_{32} + r_{13}};$ $r_2 = \frac{r_{32} r_{21}}{r_{21} + r_{32} + r_{13}};$ $r_3 = \frac{r_{13} r_{32}}{r_{21} + r_{32} + r_{13}}$ Преобразование звезды сопротивлений в эквивалентный треугольник: $r_{21} = r_2 + r_1 + \frac{r_1 r_2}{r_3};$ $r_{32} = r_3 + r_2 + \frac{r_2 r_3}{r_1};$ $r_{13} = r_1 + r_3 + \frac{r_1 r_3}{r_2}$ Закон Ома: для постоянного тока $I = U/r$ для переменного тока $I = U/Z$ Мощность: для постоянного тока $P = UI = I^2 r = U^2/r$	  U — напряжение, В; I — сила тока, А P — активная мощность, Вт

Формула	Обозначение
для однофазного переменного тока: $P = UI \cos \varphi;$ $Q = UI \sin \varphi;$ $S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2}$ для трехфазного тока: $P = \sqrt{3} \cdot UI \cos \varphi;$ $Q = \sqrt{3} \cdot UI \sin \varphi;$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{3} \cdot UI$	φ — угол сдвига фаз между током и напряжением; Q — реактивная мощность, вар; S — кажущаяся мощность, В·А
Соотношение токов и напряжений в трехфазных цепях При соединении звездой $I_{\text{л}} = I_{\text{ф}}; \quad U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}$	 $I_{\text{л}}$ и $I_{\text{ф}}$ — линейный и фазовый токи;
При соединении треугольником $I_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ф}}; \quad U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}$	 $U_{\text{л}}$ и $U_{\text{ф}}$ — линейное и фазовое напряжения

§ 2. Металлические материалы и изделия

Таблица 2. Сталь угловая равнополочная (ГОСТ 8509—72)

Номер профиля	Ширина полки, мм	Масса 1 м длины профиля, кг, при толщине полки, мм					
		3	4	5	6	7	8
2	20	0,89	1,15	—	—	—	—
2,5	25	1,12	1,46	1,78*	—	—	—
2,8	28	1,27	—	—	—	—	—
3,2	32	1,46	1,91	—	—	—	—
3,6	36	1,65	2,16	—	—	—	—
4	40	1,85	2,42	2,98	—	—	—
4,5	45	2,08	2,73	3,37	3,99*	—	—
5	50	2,32	3,05	3,77	4,47*	5,15*	5,82*
5,6	56	—	3,44	4,25	—	—	—
6	60	—	3,71*	4,58	5,43*	—	7,10*
6,3	63	—	3,90	4,81	5,72	—	—
7	70	—	—	5,38	6,39	7,39	8,37
7,5	75	—	—	5,8	6,89	7,96	9,02
8	80	—	—	—	7,36	8,51	9,65

* Эти профили выполняются по соглашению изготовителя с потребителем.

Примечание. Пример условного обозначения угловой равнополочной стали размером $50 \times 50 \times 3$ мм марки СтЗсп обычной точности прокатки (Б):

«Уголок $\frac{\text{Б-}50 \times 50 \times 3 \text{ ГОСТ } 8509-72}{\text{СтЗсп ГОСТ } 535-58}$ »

Таблица 3. Сталь швеллерная (ГОСТ 8240—72)

Номер швеллера	Размеры, мм				Масса 1 м, кг
	высота швеллера	ширина полки	толщина стенки	толщина полки	
5	50	32	4,4	7,0	4,84
6,5	65	36	4,4	7,2	5,90
8	80	40	4,5	7,4	7,05
10	100	46	4,5	7,6	8,59
12	120	52	4,8	7,8	10,40
14	140	58	4,9	8,1	12,30
14a	140	62	4,9	8,7	13,30
16	160	64	5,0	8,4	14,20
16a	160	68	5,0	9,0	15,30
18	180	70	5,1	8,7	16,30
18a	180	74	5,1	9,3	17,40
20	200	76	5,2	9,0	18,40

Т а б л и ц а 4. Полоса стальная горячекатаная (ГОСТ 103—76)

Размер полосы мм	16×4	20×4	25×4	30×4	40×4	50×5
Масса 1 м, кг	0,50	0,63	0,78	0,94	1,26	1,96

Т а б л и ц а 5. Лента стальная (ГОСТ 6009—74)

Размер ленты, мм	20×1,2	20×1,5	20×2	30×2
Масса 1 м, кг	0,188	0,236	0,314	0,471

Продолжение

Размер ленты, мм	30×3	40×2	40×3	50×2	50×3
Масса 1 м, кг	0,707	0,628	0,942	0,785	1,178

**Т а б л и ц а 6. Сталь листовая горячекатаная
(ГОСТ 19903—74)**

Размеры листа, мм								
толщина	длина листа при ширине, мм							
	600	650	700	800	900	1000	1250	1400
0,5	1200	1400	1420	—	—	—	—	—
1	2000	2000	1420	1600	1800	2000	—	—
2	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
			6000	6000	6000	6000	6000	6000

**Т а б л и ц а 7. Болты с шестигранной головкой
нормальной точности (ГОСТ 7798—70*)**

Диаметр резьбы, мм		6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Шаг резь- бы, мм	круп- ный	1	1,25	1,5	1,75	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3	3,5
	мел- кий	—	1	1,25	1,25	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	2

Высота головки, мм	4	5,5	7	8	9	10	12	13	14	15	17	19
Размер под ключ, мм	10	13	17	19	22	24	27	30	32	36	41	46

Примечание. Длина болтов в зависимости от диаметра от 50 до 300 мм, а длина резьбы в зависимости от длины болта — от 18 до 72 мм.

Таблица 8. Винты с полукруглой головкой нормальной точности (ГОСТ 17473—72)

Диаметр резьбы, мм	2	2,5	3	4	5	6	8
Крупный шаг резьбы, мм	0,45	0,45	0,5	0,7	0,8	1	1,25
Диаметр головки, мм	4	5	6	8	10	12	16
Высота головки, мм	1,4	1,7	2,1	2,8	3,5	4,2	5,6
Ширина шлица, мм	0,5	0,5	0,8	1,0	1,2	1,6	2

Примечания: 1. Длина винтов в зависимости от диаметра от 3 до 16 мм, а длина резьбы в зависимости от длины винта — от 3 до 16 мм. 2. Винты диаметром 8 мм могут иметь также мелкий (1 мм) шаг резьбы.

Таблица 9. Шайбы (ГОСТ 11371—78)

Диаметр резьбы крепежной детали, мм		3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
Размеры шайбы, мм	внутренний диаметр	3,2	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17	19	21
	наружный диаметр	7	9	10	12,5	17	21	24	28	30	34	37
	толщина	0,5	0,8	1,0	1,6	1,6	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0

**Таблица 10. Шайбы специальные для болтовых соединений
алюминиевых шин (ТУ 36—2256—80)**

Тип	Размеры, мм			Масса, кг
	наружный диаметр	внутренний диаметр	толщина	
A-8	18	8,5	3	0,005
A-10	24	10,5	4	0,010
A-12	28	12,5	4	0,016
AC-12	32	12,5	4	0,021
AC-16	40	16,5	6	0,048

Примечание. Каждый тип шайб имеет два климатических исполнения: У2 (для районов с умеренным климатом) и Т2 (для районов с тропическим климатом).

**Таблица 11. Шайбы-звездочки для присоединения
алюминиевых проводов к выводам аппаратов (ТУ 36-96—77)**

Тип	Винт	Провод сечением, мм ²	Размеры, мм		Эскиз
			D	d	
У15	M4	2,5	9,5	4,2	
У16	M5	4	10,5	5,2	
У19	M6	6	13	6,3	

Таблица 12. Шайбы пружинные (ГОСТ 6402—70*)

Диаметр резьбы болта или винта, мм	Размеры шайб, мм, видов					Эскиз
	d	легкие (Л)		нормальные (Н)	тяжелые (Т)	
		S	b	S=b	S=b	
3	3,1	0,6	1,0	0,8	1,0	
4	4,1	1,0	1,4	1,2	1,4	
5	5,1	1,2	1,6	1,4	1,6	
6	6,1	1,4	2,0	1,6	2,0	
8	8,1	1,6	2,5	2,0	2,5	
10	10,1	2,0	3,0	2,5	3,0	
12	12,1	2,5	3,5	3,0	3,5	
14	14,2	3,0	4,0	3,5	4,0	

Таблица 13. Трубы стальные

Условный проход, мм	Резьба, дюйм	Водогазопроводные (ГОСТ 3262—75*)										Электросварные прямошовные (ГОСТ 10704—70)		
		наружный диаметр, мм	легкие		обыкновенные		усиленные		под накатку резьбы			наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг
			толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	наружный диаметр, мм	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг			
15	1/2	21,3	2,35	1,10	—	—	—	—	20	2,5	1,08	20	1,6	0,726
15	1/2	21,3	2,5	1,16	2,8	1,28	3,2	1,43	—	—	—	20	1,8	0,808
20	3/4	26,8	2,35	1,42	—	—	—	—	26	2,5	1,45	26	1,8	1,07
20	3/4	26,8	2,5	1,50	2,8	1,66	3,2	1,86	—	—	—	26	2,0	1,18
25	1	33,5	2,8	2,12	3,2	2,39	4,0	2,91	32	2,8	2,02	33	2,0	1,53
32	1 1/4	42,3	2,8	2,73	3,2	3,09	4,0	3,78	41	2,8	2,64	42	2,0	1,97
40	1 1/2	48,0	3,0	3,33	3,5	3,84	4,0	4,34	47	3,0	3,26	48	2,0	2,27
50	2	60,0	3,0	4,22	3,5	4,88	4,5	6,16	59	3,0	4,14	60	2,5	3,55
65	2 1/2	75,5	3,2	5,71	4,0	7,05	4,5	7,88	74	3,2	5,59	73	2,5	4,35
80	3	88,5	3,5	7,34	4,0	8,34	4,5	9,32	—	—	—	89	2,5	5,33
90	3 1/2	101,3	3,5	8,44	4,0	9,60	4,5	10,74	—	—	—	102	2,8	6,85
100	4	114,0	4,0	10,85	4,5	12,15	5,0	13,44	—	—	—	114	2,8	7,68

Примечания: 1. Водогазопроводные трубы под накатку резьбы изготавливаются по заказу потребителя. 2. По согласованию с изготовителем легкие трубы поставляются с накатанной резьбой. 3. Условные обозначения стальных труб: обыкновенная немерной длины с условным проходом 20 мм толщиной стенки 2,8 мм, без резьбы и муфты — «Труба 20×2,8 ГОСТ 3262—75»; то же, с муфтой — «Труба М-20×2,8 ГОСТ 3262—75»; то же, мерной длины (4000 мм) с резьбой — «Труба Р-20×2,8—4000 ГОСТ 3262—75»; то же, с цинковым покрытием, немерной длины с резьбой — «Труба Ц-Р-20×2,8 ГОСТ 3262—75» (для легких труб под накатку резьбы после слова «труба» ставится буква Н).

Таблица 14. Проводниковые материалы

Материал	Плотность, кг/м ³ · 10 ³	Температура плавления, °С	Предел прочности на растяжение при 20 °С, 10 ⁷ Па* (10 ² кгс/см ²)	Удельное элект- рическое сопро- тивление при 20 °С, Ом · м · 10 ⁻⁶	Средний темпе- ратурный коэф- фициент сопро- тивления от 0 до 100 °С, 1/град	Применение
Алюминий	2,7	660	8—25	0,026—0,028	4 · 10 ⁻³	Провода, кабели, ши- ны, проводники коротко- замкнутых роторов, кор- пуса и подшипниковые щиты малых электрома- шин
Бронза	8,3—8,9	885—1050	31—135	0,021—0,052	4 · 10 ⁻³	Кадмиевая бронза — контакты, фосфорис- тая — пружины
Латунь	8,4—8,7	900—960	30—70	0,03—0,08	2 · 10 ⁻³	Контакты, зажимы
Медь	8,7—8,9	1080	27—45	0,0175—0,0182	3 · 10 ⁻²	Провода, кабели, шины
Олово	7,3	232	2—5	0,114—0,120	4,4 · 10 ⁻³	Припой для лужения и пайки в сплаве со свинцом
Свинец	11,34	327	0,95—2,0	0,217—0,222	3,8 · 10 ⁻³	Защитная оболочка кабелей, вставки пре- дохранителей, пластины аккумуляторов, припой в сплаве с оловом для лу- жения и пайки
Серебро	10,5	960	15—30	0,0160—0,0162	3,6 · 10 ⁻³	Контакты электропри- боров и аппаратов
Сталь	7,8	1400	70—75	0,103—0,137	62 · 10 ⁻²	Шины, шины заземления

* Па — ньютон, деленный на квадратный метр.

Таблица 15. Сплавы с большим удельным сопротивлением

Материал	Плотность, $\text{кг/м}^3 \cdot 10^3$	Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	Наибольшая рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	Удельное электрическое сопротивление при 20°C , $\text{Ом} \cdot \text{м} \cdot 10^{-6}$	Температурный коэффициент сопротивления при 20°C , $1/\text{град}$	Применение
Нихром	8,2	1360	1000	1,1	$1,7 \cdot 10^{-4}$	Лабораторные и промышленные электропечи с рабочей температурой до 900°C
Фехраль	7,6	1450	850	1,2	$5 \cdot 10^{-5}$	Бытовые электронагревательные приборы и промышленные электропечи с рабочей температурой до 650°C
Константан	8,8	1270	450—500	0,5	$(0,2—5) \cdot 10^{-3}$	Реостаты и резисторы приборов низкого класса точности. Нагревательные элементы с температурой до 450°C
Манганин	8,3	940	250—300	0,46	$\pm(3—6) \cdot 10^{-5}$	Эталонные и образцовые сопротивления, магазины сопротивлений и сопротивления приборов высокой точности
Нейзильбер	8,4	1050	200—250	0,35	$2,9 \cdot 10^{-8}$	Реостаты

§ 3. Электроизоляционные материалы и изделия

Таблица 16. Основные характеристики электроизоляционных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³ · 10 ³	Удельное сопротивление, Ом · м	Электрическая прочность, кВ/мм	Диэлектрическая проницаемость	Тангенс угла диэлектрических потерь	Допустимая рабочая температура, °С	Удельная теплопроводность Вт/(м · К)	Предел прочности, 10 ⁶ Па* (кгс/см ²)	
								при растяжении	при изгибе
Асбест	2,3—2,6	10 ⁶ —10 ¹⁰	1,5—3	—	—	450	1,8 · 10 ⁻¹	5—12	—
Асбестоцемент	1,7—2,0	10 ⁷ —10 ¹⁰	1,5—3	6—8	—	250	—	—	350—500
Смола бакелитовая	1,1—1,3	10 ⁸ —10 ¹⁰	10—40	4—4,5	0,03	150	—	—	—
Битумы	~1	10 ¹²	5—15	2,5—3	0,01—0,02	18—90	(0,7—6) × 10 ⁻¹	—	—
Бумага кабельная	0,7—1,1	10 ⁴ —10 ¹²	5—10	2,0—3,5	0,023—0,037	90	(1—1,3) × 10 ⁻¹	370—880	—
Воздух	0,0012	10 ¹⁵	3—4	1	4 · 10 ⁻⁷	—	(0,5—6) × 10 ⁻¹	—	—
Гетинакс	1,25—1,4	10 ⁸ —10 ⁹	20—30	5—8	0,07—0,2	150	(1,7—3,5) × 10 ⁻¹	700—1000	800—1400
Карболит	1,1—1,3	10 ⁹ —10 ¹⁰	13	6	~0,05	120	—	—	—
Картон электроизоляционный	0,95—1,25	10 ⁷	8—30	1,8—2,5	—	90	1,7 · 10 ⁻¹	280—1200	—
Смола кремнийорганическая	1,6—1,75	10 ¹² —10 ¹⁴	15—20	3—5	0,01—0,05	180	0,92 · 10 ⁻¹	280—490	1050—1200
Лакоткань	0,9—1,2	10 ⁶ —10 ⁹	12—60	4—6	0,03—0,19	105	(1,3—2,5) × 10 ⁻¹	150—350	—

Масло транс-форматорное	0,84—0,92	10^{11} — 10^{13}	15—20	2,1—2,4	0,002—0,01	95	$(1,5-2) \times 10^{-1}$	—	—
Микалекс	2,6—3,0	10^{10} — 10^{12}	10—20	6—8,5	0,003—0,01	—	—	—	—
Мрамор	2,4—2,8	10^6 — 10^{10}	2—5	8—10	0,005—0,01	110—200	$3 \cdot 10^{-1}$	—	—
Парафин	0,85—0,93	10^{14}	20—25	2,1—2,2	$(3-7) \cdot 10^{-4}$	50	$2 \cdot 10^{-1}$	—	—
Поливинил-хлорид	1,35—1,7	10^{10} — 10^{14}	15—45	3—5	0,01—0,08	60—70	$0,92 \cdot 10^{-1}$	180—400	1050—1200
Полистирол	1,05—1,07	10^{14} — 10^{16}	20—35	2,4—2,6	$(1-8) \cdot 10^{-4}$	70—80	$(7,8-13,3) \times 10^{-1}$	300—630	560—1350
Полиэтилен	0,92—0,97	10^{13} — 10^{16}	35—60	2,2—2,4	$(2-5) \cdot 10^{-4}$	80—100	$2,9 \cdot 10^{-1}$	100—220	100—200
Плексиглас	1,2	10^5 — 10^{11}	20—35	3,5—4,5	0,02—0,08	—	$(1,45-1,5) \times 10^{-1}$	—	—
Резина изолационная	1,2—1,8	10^{12} — 10^{13}	20—30	2,5—5	0,01—0,03	55—65	—	—	—
Резина мягкая	1,7—2,0	10^{12} — 10^{14}	15—30	3—7	0,02—0,1	—	$1 \cdot 10^{-1}$	30—80	—
Слюда мусковит	2,8—2,9	10^{11} — 10^{14}	50—100	6,5—7,2	0,015	500	$3,6 \cdot 10^{-1}$	—	—
Совол	1,5—1,56	10^8 — 10^{12}	15—20	4—5	0,02—0,08	150	—	—	—
Совтол	1,52—1,54	10^8 — 10^{11}	15—20	4,5—4,8	0,1	150	—	—	—
Стеатит	2,7	$5 \cdot 10^7$ — $5 \cdot 10^{11}$	20—25	6—6,5	$(2-3,5) \times 10^{-3}$	1000	2,2	300—450	1400—1500
Стекло	2,08—8,1	10^6 — 10^{15}	10—40	3,8—16,2	$(2-100) \times 10^{-4}$	500	$11 \cdot 10^{-1}$	—	—
Стеклотекстолит	1,8—1,9	10^{10} — 10^{11}	20—23	4—6	0,01—0,018	180	$3,5 \cdot 10^{-1}$	—	—
Текстолит	1,3—1,85	10^6 — 10^8	2—12	5—8	0,07	—	$1,7 \cdot 10^{-1}$	350—900	900—1200
Фарфор	2,3—2,5	10^{10} — 10^{12}	12—28	6—10	0,02—0,2	1200	$(10-16) \times 10^{-1}$	200—350	450—650
Фибра	1,1—1,3	10^6	3—7	—	—	—	—	300—700	—
Фторопласт-3	2,14	10^{16}	13—15	2,5—3	0,01	70	$0,58 \cdot 10^{-1}$	350—400	600—800

Материал	Плотность, кг/м ³ · 10 ³	Удельное сопротив- ление, Ом · м	Электри- ческая проч- ность, кВ/мм	Диэлек- трическая проница- емость	Тангенс угла диэлектри- ческих потерь	Допусти- мая рабочая темпера- тура, °С	Удельная теплопровод- ность, Вт/(м · К)	Предел прочности, 10 ⁶ Па* (кгс/см ²)	
								при рас- тяжении	при изгибе
Фторо- пласт-4	2,1—2,3	10 ¹⁴ —10 ¹⁶	25—40	1,8—2,2	(2—3) · 10 ⁻⁴	—	2,5 · 10 ⁻¹	140—250	110—140
Эбонит	1,15—1,4	10 ¹³ —10 ¹⁴	12—24	2,7—3,5	0,01—0,02	50	1,8 · 10 ⁻¹	400—500	1200—1500
Смола эпок- сидная	1,1—1,25	10 ¹¹ —10 ¹³	16—20	3—4	0,001—0,08	110—120	—	800—900	1200

* Па — ньютон, деленный на квадратный метр.

Таблица 17. Классификация электроизоляционных материалов по нагревостойкости (ГОСТ 8865—70)

Класс	У	А	Е	В	Г	Н	С
Допустимая температура, °С	90	105	120	130	155	180	Свыше 180

Таблица 18. Трубы из непластифицированного поливинилхлорида (ПВХ-100) ТУ 6-19-99—78

Наружный диаметр, мм	Ряды труб									
	I		II		III		IV		V	
	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг
16	—	—	—	—	—	—	—	—	1,2	0,09
20	—	—	—	—	—	—	—	—	1,5	0,137
25	—	—	—	—	—	—	1,5	0,174	1,9	0,212
32	—	—	—	—	—	—	1,8	0,264	2,4	0,342
40	—	—	—	—	1,8	0,334	1,9	0,350	3,0	0,525
50	—	—	—	—	1,8	0,422	2,4	0,552	3,7	0,809
63	—	—	—	—	1,9	0,562	3,0	0,854	4,7	1,29
75	—	—	1,8	0,642	2,2	0,782	3,6	1,22	5,6	1,82
90	—	—	1,8	0,774	2,7	1,13	4,3	1,75	6,7	2,61
110	1,8	0,951	2,2	1,16	3,2	1,64	5,3	2,61	8,2	3,90

Примечание. Пример условного обозначения трубы ряда III наружным диаметром 50 мм: «Труба ПВХ 50 III ТУ 6-19-99—78».

Таблица 19. Трубы напорные из полиэтилена (ГОСТ 18599—73*)

Наружный диаметр, мм	Трубы из полиэтилена низкого давления (высокой плотности) типов								Трубы из полиэтилена высокого давления (низкой плотности) типов							
	легкого (Л)		среднелегкого (СЛ)		среднего (С)		тяжелого (Т)		легкого (Л)		среднелегкого (СЛ)		среднего (С)		тяжелого (Т)	
	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг	толщина стенки, мм	масса 1 м, кг
16	—	—	—	—	—	—	2,0	0,091	—	—	—	—	2,0	0,088	2,7	0,112
20	—	—	—	—	—	—	2,0	0,118	—	—	—	—	2,0	0,123	3,3	0,175
25	—	—	—	—	2,0	0,151	2,3	0,170	—	—	2,0	0,146	2,7	0,190	4,2	0,270
32	—	—	—	—	2,0	0,197	2,9	0,282	2,0	0,191	2,4	0,223	3,4	0,309	5,3	0,441
40	—	—	2,0	0,250	2,3	0,282	3,6	0,434	2,0	0,242	3,0	0,348	4,3	0,475	6,7	0,636
50	—	—	2,0	0,316	2,8	0,444	4,5	0,671	2,4	0,359	3,7	0,548	5,4	0,735	8,3	1,07
63	2,0	0,402	2,5	0,490	3,6	0,693	5,7	1,06	3,0	0,566	4,7	0,853	6,7	1,18	10,5	1,68
75	2,0	0,482	2,9	0,681	4,3	0,974	6,8	1,50	3,6	0,808	5,6	1,21	8,0	1,66	12,5	2,38
90	2,2	0,632	3,5	0,973	5,1	1,39	8,2	2,13	4,3	1,14	6,7	1,73	9,6	2,39	15,0	3,43
110	2,7	0,949	4,3	1,46	6,2	2,08	10,0	3,17	5,2	1,72	8,1	2,57	11,8	3,55	18,3	5,13

Примечания: 1. Трубы из полиэтилена поставляются отрезками длиной 6, 8, 10 и 12 м, а трубы из полиэтилена низкого давления диаметром до 40 мм и высокого давления диаметром до 63 мм могут поставляться в бухтах. 2. Примеры условного обозначения труб из полиэтилена: высокой плотности диаметром 63 мм среднелегкого типа — «Труба ПВП 63 СЛ ГОСТ 18599—73»; низкой плотности диаметром 110 мм тяжелого типа — «Труба ПНП 110 Т ГОСТ 18599—73».

**Таблица 20. Трубки из поливинилхлоридного пластика
(ГОСТ 19034—73)**

Внутренний диаметр, мм	1	1,5	1,75	2	2	2,5	3	3	3,5	4	4	4,5	5	6
Толщина стенки, мм	0,4	0,4	0,4	0,4	1	0,4	0,4	1	0,4	0,6	1,2	0,6	0,6	0,6

Внутренний диаметр, мм	7	8	9	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Толщина стенки, мм	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,9	0,9	1,15	1,15	1,4	1,4	1,75

Примечание. Трубки выпускаются различных цветов и служат для защиты и дополнительной изоляции проводов и кабелей при напряжении до 1000 В. Рабочая температура в статическом состоянии от —60 до +70 °С.

**Таблица 21. Гетинакс электротехнический листовой
(ГОСТ 2718—74*)**

Марка	Толщина, мм	Применение
I	0,2—50	Для работы на воздухе при нормальной влажности (45—75 %) и температуре (15—35 °С) и в трансформаторном масле при напряжении до 1000 В и частоте тока 50 Гц
II	0,4—50	То же, но с расширенными допусками по толщине
V	5—7,5	То же, но при напряжении выше 1000 В
V-1 и V-2	8—50	То же
VI	0,4—3,8	Для работы на воздухе при нормальной влажности и температуре при напряжении до 1000 В и частоте 50 Гц (с повышенной гладкой поверхностью)

Марка	Толщина, мм	Применение
VII	0,4—3,8	То же (с улучшенным $\operatorname{tg} \delta$ и пониженной стойкостью к кратковременному нагреву)

Примечания: 1. Выпускают листами шириной 450—930 мм и длиной 700—1430 мм. 2. Длительно допустимые рабочие температуры от -60 до $+105^{\circ}\text{C}$. 3. Здесь и далее имеется в виду относительная влажность воздуха. 4. Пример условного обозначения гетинакса марки V-1 толщиной 12 мм: «Гетинакс V-1 12 ГОСТ 2718—74».

Таблица 22. Текстолит электротехнический листовой (ГОСТ 2910—74)

Марка	Толщина листа, мм	Свойства и применение
A	0,5—50	С повышенными электрическими свойствами. Для работы в трансформаторном масле и на воздухе при нормальной влажности (45—75 %), температуре ($15-35^{\circ}\text{C}$) и частоте тока 50 Гц. Длительно допускается температура от -65 до $+105^{\circ}\text{C}$
Б	0,5—50	С повышенными механическими свойствами. Для работы на воздухе при тех же условиях (кроме работы в трансформаторном масле)
ЛТ	0,3—3	Для работы на воздухе при повышенной влажности (95 %) и частоте тока 50 Гц

Примечание. Выпускают листами шириной 450—980 мм и длиной 600—1800 мм.

Таблица 23. Поливинилхлорид непластифицированный листовой (винипласт листовой) (ГОСТ 9639—71*)

Марка	Толщина листа, мм
ВН и ВНЭ	1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5
ВН	5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8; 9; 10; 12; 15; 18; 20

Примечание. Винипласт ВН (изготовленный прессованием) и ВНЭ (изготовленный методом экструзии) выпускают в листах размером не менее 500×800 мм.

Т а б л и ц а 24. Картон асбестовый (ГОСТ 2850—75)

Марка	Размер листа, мм	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Применение
КАОН-1	900×900	2; 2,5	1,0—1,4	Огнезащита, теплоизоляция до 500 °С и уплотнение соединений приборов, аппаратов и коммуникаций
	800×1000	3; 3,5		
	900×1000	4; 5		
	1000×1000	6; 8; 10		
КАОН-2	740×980	3; 3,5 4; 4,5		

Примечания: 1. КАОН — картон асбестовый общего назначения. 2. Пример условного обозначения картона КАОН-1 длиной 1000 мм, шириной 800 мм и толщиной 3 мм: «Картон асбестовый КАОН-1-1000-800-3 ГОСТ 2850—75».

Т а б л и ц а 25. Картон электроизоляционный (ГОСТ 2824—75*)

Марка	Вид	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Применение
ЭВС	Рулонный и листовой	0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4	1,2—1,25	Для пазовой изоляции автомобильных стартеров и деталей авто-тракторного оборудования
ЭВТ	Рулонный	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5	1,15	Для изоляции деталей электро-машин и аппаратов
ЭВ	Рулонный	0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,5	1,15	Для общей изоляции и изоляции в электромашинах, электроаппаратах и электрооборудовании
	Листовой	1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,25; 3	0,95—1	

Примечание. Электроизоляционный картон используется для работы на воздухе.

**Т а б л и ц а 26. Лента изоляционная прорезиненная
(ГОСТ 2162—78)**

Ширина, мм	Толщина, мм	Длина ленты в одном круге, м	Наружный диаметр круга, мм	Применение
10, 15, 20, 25, 30, 40, 50	0,30	—	200	Для промышленности
10, 15, 20		20 и 50	—	Для ширпотреба

П р и м е ч а н и я: 1. Выпускают для промышленности одностороннюю обычной липкости (1ПОЛ) и двустороннюю обычной (2ПОЛ) и повышенной (2ППЛ) липкости, для ширпотреба — одностороннюю (1ШОЛ) и двустороннюю (2ШОЛ) обычной липкости. 2. Допустимая температура применения ленты от —30 до +30 °С.

**Т а б л и ц а 27. Лента поливинилхлоридная электроизоляционная
(ГОСТ 16214—70*)**

Ширина, мм	Толщина, мм	Наружный диаметр рулона, мм	Применение
15, 20, 30 40 20, 30, 50 30 50	0,20 0,30 0,40 0,45	85±15	Для ремонта и сращивания кабелей с неметаллическими оболочками

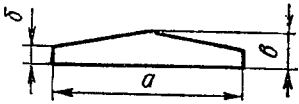
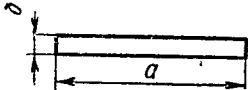
П р и м е ч а н и я: 1. Выпускается различных цветов первого и второго сортов. Первый сорт обладает большой липкостью. 2. Допустимая температура в статическом состоянии от —50 до +50 °С. 3. При работе с лентой следует соблюдать санитарно-гигиенические требования, так как она содержит вредные примеси.

**Т а б л и ц а 28. Лента из поливинилхлоридного пластика
(ГОСТ 17617—72*)**

Ширина, мм	Толщина, мм	Применение
10 13 15 18 20 40 50	0,65 0,55 0,65; 1,5 0,55 0,55; 0,9; 1,5 0,55; 0,5; 0,9; 1,35 0,9	Для защиты и дополнительной изоляции проводов и кабелей

П р и м е ч а н и е. Выпускается различных цветов в рулонах-кругах. Допустимая температура в статическом состоянии от —60 до +70 °С.

**Т а б л и ц а 29. Лента электроизоляционная термостойкая
самослипающаяся резиновая радиационной вулканизации ЛЭТСАР
(ТУ 38.103171—80)**

Профиль ленты	Мар- ка	Цвет	Размеры, мм			Шифр ленты
			а	б	в	
Фигурный «Ф» 	К	Красный	26	0,2	0,5	ЛЭТСАР КФ-0,5
	Б	Белый	26	0,1	0,25	ЛЭТСАР БФ-0,25
	К	Красный	26	0,1	0,25	ЛЭТСАР КФ-0,25
Прямоугольный «П» 	К	Красный	26	0,2	—	ЛЭТСАР КП-0,2—26
	К	»	29	0,2	—	ЛЭТСАР КП-0,2—29
	К	»	38	0,2	—	ЛЭТСАР КП-0,2—38
	К	»	48	0,2	—	ЛЭТСАР КП-0,2—48
	Б	Белый	26	0,2	—	ЛЭТСАР БП-0,2

П р и м е ч а н и е. Лента представляет собой электроизоляцион-
ный эластичный, нетоксичный материал, влагостойкий, стойкий к
озону, ультрафиолетовым лучам, ряду масел и химических веществ;
рабочая температура ленты «К» от -50 до $+250^{\circ}\text{C}$ (кратковременно
 300°C), ленты «Б» — от -50 до $+200^{\circ}\text{C}$ (кратковременно 250°C);
самослипание при $15\div 35^{\circ}\text{C}$ — 48 ч, при 150°C — 3 ч. Применяют
ленту для изоляции обмоток электромашин и кабельной арматуры,
поставляют в роликах $\varnothing 130\text{—}150$ мм.

Т а б л и ц а 30. Ленты для электропромышленности (ГОСТ 4514—78)

Ширина ленты, мм	Толщина ленты, мм				
	кнперной (К)	тафтяной (Т)	тафтяной разреже- ной (ТР)	миткалевсой (М)	батистовой (Б)
8	0,45	—	—	—	—
10	0,45	0,25	—	—	0,18
12	0,45	0,25	—	0,22	0,18
13	—	—	—	—	Не более 0,23
15	0,45	0,16; 0,25	0,40	—	—
16	—	—	—	0,14	0,15; 0,18
20	0,45; 0,47	0,16; 0,25	0,40	0,14; 0,22	0,15; 0,18
25	0,45; 0,47	0,16; 0,25	0,40	0,14; 0,22	—

Ширина ленты, мм	Толщина ленты, мм				
	киперной (К)	тафтяной (Т)	тафтяной разрежен- ной (ТР)	миткалевой (М)	батистовой (Б)
26	—	—	—	—	0,15
30	0,45; 0,47	0,16; 0,25	0,40	0,14; 0,22	—
35	0,45; 0,47	0,25	—	0,22	—
40	0,45; 0,47	0,25	—	0,22	—
50	0,45	0,25	—	—	—

Таблица 31. Лакоткань электроизоляционная
(ГОСТ 2214—78)

Марка	Толщина, мм	Среднее пробивное напряжение, кВ			Свойства и применение
		при 15—35° С и влажности воздуха 45—75 %		при 105° С	
		до перегиба	после перегиба		
ЛХМ-105	0,15	6,0	3,6	4,0	Для работы на воздухе*
	0,17	6,5	4,2	4,5	
	0,20	7,2	4,3	5,2	
	0,24	8,5	5,2	6,0	
	0,30	9,5	5,5	6,5	
ЛХМС-105	0,17	7,0	4,8	5,0	С повышенными диэлектрическими свойствами для работы на воздухе*. Допустима работа в трансформаторном масле
	0,20	7,4	5,0	5,4	
ЛХММ-105	0,17	7,5	4,8	5,0	Для работы в горячем трансформаторном масле (до 105 °С)
	0,20	8,3	5,0	5,5	
	0,24	9,2	5,4	6,0	
ЛХБ-105	0,17	7,1	4,8	4,8	Для работы на воздухе*
	0,20	8,0	5,4	5,4	
	0,24	9,2	6,0	6,0	

Марка	Толщина, мм	Среднее пробивное напряжение, кВ			Свойства и применение
		при 15—35° С и влажности воздуха 45—75 %		при 105° С	
		до перегиба	после перегиба		
ЛШМ-105	0,08	4,5	3,0	3,0	С малой усадкой и стойкостью к кратковременному повышению температуры, возможно при пайке
	0,10	5,6	4,2	4,2	
	0,12	7,0	6,0	5,0	
	0,15	8,5	6,6	5,6	
ЛШМС-105	0,04	0,4	—	—	То же, с повышенными диэлектрическими свойствами для работы на воздухе*
	0,05	1,2	—	—	
	0,06	3,0	—	1,0	
	0,10	6,5	5,1	4,8	
	0,12	9,0	6,6	5,4	
	0,15	9,3	7,5	7,2	
ЛКМ-105	0,10	5,0	4,2	4,2	С повышенной эластичностью для работы на воздухе*
	0,12	6,0	5,4	4,8	
	0,15	7,8	6,6	5,4	
ЛКМС-105	0,10	6,0	5,0	4,4	То же, с повышенными диэлектрическими свойствами для работы на воздухе*. Допустима работа в трансформаторном масле
	0,12	9,0	6,6	5,0	
	0,15	9,3	7,5	6,6	

* При температуре 15—35° С и относительной влажности 45—75 %.

Примечания: 1. Буквы и цифры в марке означают: первая буква Л — лакоткань, вторая — основу (Х — хлопчатобумажная, Ш — шелковая, К — капроновая); третья — пропитку (М — на основе масляного лака, Б — на основе битумно-масляного лака); четвертая — вид (С — специальная, М — маслостойкая); число 105 — температуру маслостойкости, °С. 2. Лакоткань выпускают рулонами шириной 700—1030 мм в зависимости от вида ткани. Пример условного обозначения лакоткани ЛХММ-105 толщиной 0,17 мм: «Лакоткань ЛХММ-105-0,17 ГОСТ 2214—78».

**Т а б л и ц а 32. Стеклолакоткань электроизоляционная
(ГОСТ 10156—78)**

Марка	Толщина, мм	Среднее пробивное напряжение, кВ, не менее						
		при 15—35° С и относитель- ной влаж- ности воздуха 45—75 %		при температуре, °С				
		до пере- гиба	после перегиба	120	130	155	180	200
ЛСМ-105/120	0,15	5,4	3,6	3,6	—	—	—	—
	0,17	6,0	4,2	4,1	—	—	—	—
	0,20	6,7	4,4	4,6	—	—	—	—
	0,24	8,0	5,4	5,6	—	—	—	—
ЛСММ- 105/120	0,17	7,2	4,5	4,5	—	—	—	—
	0,20	8,3	4,6	5,0	—	—	—	—
	0,24	9,2	5,5	6,0	—	—	—	—
ЛСЛ-105/120	0,15	5,4	4,4	5,0	—	—	—	—
	0,17	6,2	5,2	5,4	—	—	—	—
	0,20	6,8	5,8	5,8	—	—	—	—
ЛСЭ-105/130	0,12	4,8	3,3	—	3,7	—	—	—
	0,15	6,6	4,6	—	5,2	—	—	—
	0,17	7,2	5,2	—	5,8	—	—	—
	0,20	8,4	7,0	—	6,8	—	—	—
	0,24	9,6	7,6	—	7,8	—	—	—
ЛСБ-120/130	0,12	5,6	2,7	—	3,7	—	—	—
	0,15	6,6	4,1	—	5,5	—	—	—
	0,17	7,8	4,8	—	6,0	—	—	—
	0,20	9,6	7,0	—	7,1	—	—	—
	0,24	10,8	8,6	—	7,7	—	—	—
ЛСП-130/155	0,08	3,6	—	—	—	1,6	—	—
	0,10	4,8	1,6	—	—	2,4	—	—
	0,12	6,0	3,5	—	—	3,1	—	—
	0,15	7,9	4,4	—	—	3,7	—	—
	0,17	9,0	5,0	—	—	4,2	—	—
ЛСК-155/180	0,05	1,5	—	—	—	—	—	—
	0,06	2,8	—	—	—	—	—	—
	0,08	3,6	—	—	—	—	—	—
	0,10	5,0	1,2	—	—	—	0,6	—
	0,12	6,0	2,5	—	—	—	2,4	—
	0,15	7,5	4,0	—	—	—	3,0	—

Марка	Толщина, мм	Среднее пробивное напряжение, кВ, не менее						
		при 15—35° С и относительной влажности воздуха 45—75 %		при температуре, °С				
		до перегиба	после перегиба	120	130	155	180	200
	0,17	8,2	4,3	—	—	—	3,3	—
	0,20	9,0	4,8	—	—	—	3,6	—
ЛСКР-180	0,12	1,9	1,4	—	—	—	—	2,1
	0,15	3,3	3,0	—	—	—	—	3,0
	0,17	3,9	3,3	—	—	—	—	3,1
	0,20	4,9	4,7	—	—	—	—	4,2
ЛСКЛ-155	0,12	—	—	—	—	—	—	—
	0,15	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Буквы и цифры в марке означают: первая и вторая буквы ЛС — лакоткань стеклянная; третья — пропитку (М — на основе масляного лака, Л — на основе композиции бутадиевстирольного и полистирольного лаков, Э — на основе эскапонового лака, Б — на основе битумно-масляноалкидного лака, П — на основе полиэфирэпоксидного лака, К — на основе кремнийорганического лака); третья и четвертая вместе и четвертая отдельно — вид (КР — кремнийорганическая резиновая, М — маслостойкая, Л — липкая); число — нагревостойкость, °С. 2. Лакоткань выпускают в рулонах шириной 690, 790, 890, 940, 990, 1060 и 1140 мм, а марки ЛСКЛ-155 — в роликах шириной 10, 15, 25 и 30 мм. 3. Примеры условного обозначения стеклолакотканей: ЛСМ-105/120 толщиной 0,20 мм — «Стеклолакоткань ЛСМ-105/120—0,20 ГОСТ 10156—78»; ЛСКЛ — 155 толщиной 0,12 мм, шириной ролика 15 мм — «Стеклолакоткань ЛСКЛ-155 — 0,12×15 ГОСТ 10156—78».

Таблица 33. Электроизоляционные материалы на основе щепаной слюды — миканиты (ГОСТ 25045—81)

Тип миканита	Обозначение	Рабочая температура, °С	Размеры листа, мм			Применение
			ширина	длина	толщина	
Коллекторный	11	130	215—600	465—880	0,40—1,5	Для межламельной изоляции коллекторов электромашин

Тип ми- каннта	Обозна- чение	Рабочая темпера- тура, °С	Размеры листа, мм			Применение
			шири- на	длина	тол- щина	
	12 13	155 Более 180	215— 600	465— 880	0,40— 1,5	Для межламель- ной изоляции кол- лекторов электро- машин
Прокла- дочный	21	130				Для шайб и про- кладок в электро- машинах и аппара- тах
	22	180	550— 900	550— 900	0,15— 5	Для витковой изоляции роторов турбогенерато- ров и изоляцион- ных прокладок электромашин
Формо- вочный	31	130				Для коллектор- ных манжет и фа- сонных деталей
	33 34 и 35	155 180	550— 900	550— 900	0,15— 1,5	То же »
Гибкий	41, 43, 44 и 45	130				Для изоляции обмоток электро- машин на напря- жение до 700 В переменного и до 1000 В постоянно- го тока
	46	155	450— 1100	450— 1100	0,15— 0,6	То же
	42 47	180 130				» Для пазовой изоляции электро- машин
	48	180				То же

Тип миканита	Обозначение	Рабочая температура, °C	Размеры листа, мм			Применение
			ширина	длина	толщина	
Микалента	51 и 52	130	—	—	0,08—0,21	Для витковой изоляции катушек, изоляции лобовых частей и внутренних соединений и корпусной изоляции обмоток
	53	180	—	—		То же
	54 и 55	130	—	—	0,08—0,21	Для корпусной изоляции обмоток электромашин при напряжении до 15 кВ переменного тока
	56	180	—	—		То же
Микафолей	61	130	—	—		Для изоляции обмоток электромашин при напряжении до 3 кВ постоянного тока
	62	155	—	—		То же
	63	130	—	—	0,15—0,3	Для изоляции обмоток электромашин при напряжении до 6 кВ переменного тока
	64, 65	180	—	—		Для изоляции якорных катушек и роторных стержней

Примечания: 1. Микалента изготавливается в роликах шириной 10, 15, 20, 23, 25, 30 и 35 мм. 2. Микафолей изготавливается в роликах и рулонах шириной 500—700 мм. 3. Электрическая прочность миканитов от 9 до 30 кВ/мм.

Таблица 34. Электроизоляционные компаунды, лаки и эмали

Марка, ГОСТ или ТУ	Наименование	Свойство	Разбавитель	Применение
ЭЗК (ОСТ 5.9220—75) ЭЗК-1	Эпоксидные заливочные компаунды	Температура, °С: рабочая от —60 до +120—150, от- верждения 120— 140	—	Заливка катушек высоко- вольтных трансформаторов, дросселей, коммутационных устройств и других анало- гичных изделий, не содер- жащих волокнистую изоля- цию
ЭЗК-2		Температура, °С: рабочая от —60 до +200, отверж- дения 200	—	То же
ЭЗК-27		Температура, °С: рабочая от —60 до +180, отверж- дения 220	—	Заделка торцов катушек низковольтных трансформа- торов и дросселей
ЭПК-1 (ОСТ 5.8224—72)	Эпоксидный про- питочный компа- унд	Температура, °С: рабочая от —60 до +120—150, от- верждения 120	—	Пропитка обмоток с диа- метром провода не менее 0,1 мм, содержащих в ка- честве межслоевой и меж- обмоточной изоляции волок- нистые материалы и пленки

ПЭ-933 (ОСТ 4ГО.054.0,29 ТУ 6-10-714—75)	Пропиточный лак	Температура, °С: рабочая от —60 до +155, отверж- дения 165±5	Толуол	Пропитка обмоток элект- роэлементов
КП-34 (ОСТ 4ГО.054.213)	Пропиточный компаунд	Температура, °С: рабочая от —60 до +150, отверж- дения 155	—	Пропитка обмоток элект- роэлементов при требова- нии повышенной нагрево- стойкости
ГФ-95 (ГОСТ 8018—70)	Электроизоля- ционный пропи- точный лак	Сушка при 105— 110 °С 2 ч. В сме- си (1:1) с лаком № 951 высыхает при 18 °С за 1 ч. Пленка глянцевая, твердая, масло- стойкая; термо- эластичность при 150 °С не менее 48 ч	Толуол, ксилол, сольвент или смесь (1:1) одного из них с уайт-спири- том	Пропитка обмоток элект- рических машин, аппаратов в трансформаторов с изо- ляцией класса нагревостой- кости В
БТ-980, БТ-987, БТ-988 (ГОСТ 6244—70*)	Электроизоля- ционные пропиточ- ные лаки	Сушка при 105— 110 °С, не более: БТ-980 — 10 ч, БТ-987 — 6 ч, БТ-988 — 3 ч	Толуол, ксилол, сольвент или смесь (1:1) одного из них с уайт-спири- том	Пропитка обмоток элект- рооборудования

Марка. ГОСТ или ТУ	Наименование	Свойство	Разбавитель	Применение
БТ-99 (ГОСТ 8017—74)	Электроизоляционный лак	Высыхание при температуре, °С: 20 до степени 1—3 ч, до степени 3—24 ч; 107 до степени 3—0,5 ч (ГОСТ 19007—73). Пленка черная гладкая; термоэластичность при 105 °С не менее 1 ч	Сольвент, ксилол или смесь (1:1) одного из них с уайт-спиритом	Покрытие обмоток электрических машин и аппаратов, а также других изделий внутри помещения
МЛ-92 (ГОСТ 15865—70)	Электроизоляционный лак	Сушка при 105—110 °С 1 ч. Просыхание в толстом слое при 115—120 °С 16 ч. Пленка коричневая, глянцевая, маслостойкая; термоэластичность при 150 °С не менее 48 ч	Толуол, ксилол или смесь (3:1) одного из них с уайт-спиритом	Пропитка обмоток электрических машин, аппаратов, трансформаторов и покрытие электроизоляционных деталей

КФ-965 (ГОСТ 15030—78)	Электроизоля- ционный лак	Сушка при 235 °С не более 20 мин. Пленка ко- ричневая, глянце- вая, маслостойкая	Уайт-спирит, осветительный ке- росин, сольвент	Покрытие электротехни- ческой стали для изделий с изоляцией класса нагрево- стойкости В
ГФ-92 (ГОСТ 9151—75)	Эмали марок: ГФ-92 ГФ-92ХС ГФ-92ГС	Пленка ровная, гладкая, глянцевая Цвет серый и красный Цвет серый Высыхание при 20 °С до степени 3—24 ч Электрическая прочность при 20 °С 30 кВ/мм Нагревостой- кость класса В	Сольвент, кси- лол, толуол и смесь ксилола с бензином. Содер- жание бензина в смеси не должно превышать 50 %	Покрытие неподвижных обмоток электромашин (эмаль ГФ-92ХС) Покрытие неподвижных и вращающихся частей об- моток электрических машин и аппаратов (эмаль ГФ- 92ГС)
УП-5-162-1 (ТУ 6-05-241-55—73)	Электроизоля- ционный гермети- зирующий компа- унд	Температура, °С: рабочая от —60 до +120, отверж- дения 80	—	Герметизация различной аппаратуры, работающей в условиях резких колебаний температур
БТ-783 (ГОСТ 1347—77)	Черный кисло- стойкий лак	Время высыха- ния, ч, при 20 °С: от пыли —6, пол- ное — 48. Пленка глянцевая	Уайт-спирит	Для покрытия поверх- ности аккумуляторов и их деталей во избежание воз- действия серной кислоты

Примечание. Лаки и эмали, в которые входят растворители (бензин, бензол, ксилол, сольвент, толуол, уайт-спирит), являются пожароопасными и токсичными.

§ 4. Клей, припой и флюсы

Клей КНЭ-2/60 (ТУ 38.105621—80, ВСН-67—72). Применяют для приклеивания к строительным основаниям электроустановочных изделий (пластин розеток и выключателей, подрозетников) и деталей (скобок, «пяточков», планок), используемых для крепления проводов, а также для склеивания металлических, пластмассовых (исключая полиэтилен и фторопласт), деревянных, древесностружечных деталей. Рабочая температура от -5 до $+25^{\circ}\text{C}$.

Строительное основание должно иметь достаточно прочную поверхность (бетон, кирпич, керамика, стекло, дерево). Приклеивание к штукатурке недопустимо.

Клеевой шов эластичен, ударопрочен, влаго- и морозостоек, выдерживает резкие перепады температур от $+20$ до -20°C , имеет предел прочности на отрыв $5 \cdot 10^5$ Па (5 кгс/см²).

Склеиваемые поверхности должны быть сухими и чистыми. Обезжиривание производят, протирая поверхность тампоном, смоченным в бензине или ацетоне. Бетонные и кирпичные поверхности зачищают стальной кордовой щеткой и затем удаляют с них пыль волосистой щеткой. Побелку или окраску необходимо предварительно считать.

Клей наносят ровным слоем на обе склеиваемые поверхности. Суммарная толщина слоя не должна превышать 1 мм. Склеивание производят через 2—4 мин (после нанесения клея), в течение которых клей подсыхает и приобретает необходимую вязкость.

Деталь прижимают к строительному основанию и, не ослабляя давления, делают 2—3 поворотных движения в одну и другую сторону на $8-10^{\circ}$, плотно притирая ее к месту приклеивания. Затем давление снимается.

Клей обладает высокой начальной вязкостью, что позволяет приклеивать детали к вертикальным поверхностям без прижимных устройств.

Монтажные работы на приклеенных изделиях (присоединение и крепление проводов, установка крышек) производят через 2 сут после приклеивания.

Клей хранят в герметически закрытых алюминиевых трубах или жестяных банках, соблюдая правила хранения огнеопасных материалов.

Клей эпоксидный универсальный ЭДП (ТУ 84-606—80). Применяют для склеивания металлов, древесины, керамики, фарфора, стекла и заделки трещин и раковин. Клей составляют из двух компонентов: эпоксидной смолы ЭД-2, смешанной с дибутилфталатом (флакон из стекла или полиэтилена емкостью 125 или 250 г), и отвердителя — полиэтиленполиамина марки А (стеклянный флакон емкостью 15 или 30 г). Перед склеиванием смолу тщательно перемешивают с отвердителем. Склеиваемые поверхности обезжиривают ацетоном, смазывают клеем и прижимают под давлением 0,05 МПа ($0,5$ кгс/см²). Клей полностью отверждается не менее чем за 24 ч.

Отвержденный клеевой шов очень прочен, не дает усадки, обладает хорошими диэлектрическими свойствами. Клей не огнеопасен, но токсичен. При попадании на кожу его следует удалить тампоном, смоченным ацетоном или бензином, затем вымыть участок кожи теплой водой с мылом.

Клеи БФ. Применяют для склеивания различных изоляционных—пластмассовых (кроме полиэтилена и фторопласта), фарфоровых, стеклянных и металлических деталей, для склейки пакетов

электротехнической стали трансформаторов, якорей, статоров, а также в качестве антикоррозионных покрытий шлифованных поверхностей якорей и статоров.

С применением минеральных наполнителей (талък, кварцевая мука, каолин, литопон, оксид цинка и др.) на клеях БФ можно изготовить электроизоляционные замазки, которые после прогрева приобретают хорошую механическую прочность.

Клеевой шов после отверждения приобретает электроизоляционные свойства. Клей БФ-2 дает жесткий нагрево- и кислотостойкий шов, а клей БФ-4 — эластичный ненагревостойкий, но щелочестойкий шов.

При подготовке склеиваемые поверхности протирают ацетоном, ацетатами или спиртом. При склеивании металлов, фенопластов, аминопластов и кожи поверхности предварительно зачищают наждачной бумагой, затем покрывают клеем два раза. После каждого покрытия выдерживают в течение 1 ч для просушки клеевого слоя. Оптимальная толщина клеевого шва 0,15—0,25 мм.

Для соединения склеиваемые детали прижимают друг к другу и выдерживают при давлении $(5—15) \cdot 10^5$ Па (5—15 кгс/см²) и температуре 150 °С в течение 0,5—1 ч.

Клей 88 НП (ТУ 38.105540—73). Применяют для приклеивания холодным способом резин (в том числе губчатых) к металлам, стеклу и другим поверхностям, а также резины к резине. Контакт с клеем не вызывает коррозии металлов. Разбавитель — смесь бензина с этилацетатом в соотношении 1 : 2. Клей наносят на резину и металл в два слоя. Сушка первого слоя 5—8 мин, второго — 1—3 мин. Прочность клеевого шва на отрыв через 48 ч после склеивания при температуре 20 °С не менее $13 \cdot 10^5$ Па (13 кгс/см²). Клей пожароопасен.

Припой и флюсы. При пайке медных жил, а также проводников заземления к броне и свинцовой оболочке кабелей используют паяльную пасту, состоящую из следующих компонентов (в мас. ч.): канифоли — 10, животного жира — 3, хлористого аммония — 2, хлористого цинка — 1, воды или этилового спирта (ректификат) — 1. Припой и флюсы приведены в табл. 35—38.

Т а б л и ц а 35. Припой для пайки меди и ее сплавов

Марка и ГОСТ	Состав, %					Температура плавления, °С	Применение
	олово	медь	цинк	серебро	свинец		
ПОС61 (ГОСТ 21930—76)	59—61	—	—	—	Остальное	190	Для пайки обмоток электромашин, электро- и радиоаппаратуры, где недопустим перегрев
ПОС40 (ГОСТ 21930—76)	39—41	—	—	—	»	238	Для лужения и пайки электроаппаратуры

Марка и ГОСТ	Состав, %					Температура плавания, °С	Применение
	олово	медь	цинк	серебро	свинец		
ПОС30 (ГОСТ 21930— 76)	29—31	—	—	—	Осталь- ное	255	Для пайки нако- нечников, отводов трансформаторов и электроаппара- туры, работающей при повышенной температуре
ПМЦ54 (ГОСТ 23137— 78)	—	52—56	Осталь- ное	—	—	880	Для пайки меди, бронзы, томпака (латуни) и стали
ПСр2,5 (ГОСТ 19738— 74)	5,5	—	—	2,5	Осталь- ное	306	Для пайки и лу- жения меди, мед- ных сплавов ни- келя, нейзильбе- ра, латуней, бронз и сталей

Т а б л и ц а 36. Флюсы для пайки меди и ее сплавов
(ГОСТ 5.9312—78)

Марка	Состав, %				
	канифоль	этиловый спирт	триэтанол- ламин	солянокис- лый диэ- тиламин	салицило- вая кислота
ФКСп	10—60	90—40	—	—	—
ФКТС	15—30	81—65	1—1,5	—	3—3,5
КСп	50	50	—	—	—
ЛТИ-120	20—25	70—68	1—2	3—5	—

Т а б л и ц а 37. Припой для пайки алюминия
(ВТУ Цветметобработки 1989—56)

Марка	Состав, %				Темпера- тура плавле- ния, °С	Применение
	олово	цинк	медь	алю- миний		
А	40	58—58,5	2—1,5	—	400—425	Для лужения и пайки оболо- чек и жил
ЦО-12	12	88	—	—	500—550	Для пайки жил
ЦА-15	—	85	—	15	550—600	

Т а б л и ц а 38. Флюсы для сварки алюминия (ТУ 48-4-347—75)

Марка	Состав, %					Температура плавления, °С	Применение
	хлористый калий	хлористый натрий	хлористый литий	фтористый натрий	криолит марки К-1		
ВАМИ	50—55	30—35	—	—	10—20	630	Для оконцевания жил, проводов и кабелей
АФ-4А	50	28	14	8	—	Около 600	Только для соединений жил кабелей в муфтах

§ 5. Сведения об электроустановках

Электроустановками называют установки, в которых производится, преобразуется, распределяется и потребляется электроэнергия. Они разделяются на электроустановки напряжением до 1000 В и выше 1000 В.

Электропомещениями называют помещения или части их (отгороженные, например, сетками), доступные только для обслуживающего персонала, в которых установлены находящиеся в эксплуатации электроустановки.

Помещения по характеру окружающей среды делят на:

с у х и е, в которых относительная влажность не превышает 60 %; эти помещения называют нормальными при отсутствии условий, характеризующих помещения, приведенные ниже;

в л а ж н ы е, где пары или конденсирующаяся влага выделяется лишь временно и в небольших количествах, а относительная влажность более 60 %, но не превышает 75 %;

с ы р ы е, в которых относительная влажность длительно превышает 75 %;

о с о б о с ы р ы е, в которых относительная влажность воздуха близка к 100 % (потолок, стены, пол и предметы, находящиеся в помещении, покрыты влагой);

ж а р к и е, где температура длительно превышает 30 °С;

п ы л ь н ы е, в которых по условиям производства выделяется технологическая пыль в таком количестве, что она может оседать на проводах, проникать внутрь машин, аппаратов и т. п.; различают пыльные помещения с проводящей и непроводящей пылью;

п о м е щ е н и я с х и м и ч е с к и а к т и в н о й с р е д о й, где по условиям производства постоянно или длительно содержатся пары или образуются отложения, действующие разрушающе на изоляцию и токоведущие части электрооборудования.

Помещения в отношении поражения людей электрическим током различают:

с повышенной опасностью — характеризуются одним из следующих условий, создающих повышенную опасность, — сыростью (сырое помещение), высокой температурой (жаркое помещение), проводящей пылью (пыльное помещение с проводящей пылью),

токопроводящими полами (металлическими, земляными, железобетонными, кирпичными), возможностью одновременного прикосновения человека к имеющим соединение с землей металлоконструкциям зданий, технологическим аппаратам, механизмам, с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования, с другой;

особо опасные — характеризуются одним из следующих условий — особой сыростью (особо сырое помещение), химически активной средой (помещение с химически активной или органической средой), а также одновременным наличием двух или более условий повышенной опасности;

без повышенной опасности — в которых нет условий повышенной и особой опасности.

Электроприемники по надежности электроснабжения делят на три категории:

первая — электроприемники, нарушение электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение особо важных элементов городского хозяйства. Они должны обеспечиваться электроэнергией от двух независимых источников питания (источник питания данного объекта, на котором сохраняется напряжение при исчезновении его на других источниках); перерыв их электроснабжения допускается только на время автоматического включения резервного питания (АВР);

вторая — электроприемники, перерыв в электроснабжении которых связан с массовым срывом выпуска продукции, простоем рабочих, механизмов и промышленного транспорта, нарушением нормальной деятельности значительного числа городских жителей. Питание этих приемников обеспечивается одной воздушной линией 6 кВ и выше. При питании по кабелям допускается питание одной линией, но расщепленной не менее чем на два кабеля, присоединенных через самостоятельные разъединители. Допустимы перерывы питания на время, необходимое для включения резерва дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой;

третья — все остальные электроприемники, не подходящие под определения первой и второй категорий (например, электроприемники цехов несерийного производства, вспомогательных цехов и т. п.). Для этих приемников допустимы перерывы в питании на время ремонта или замены поврежденного элемента системы питания, но не более одних суток.

Таблица 39. Номинальные напряжения электрических сетей общего назначения до 1000 В, источников и приемников электрической энергии (ГОСТ 721—74)

Объект	Напряжение, В		
	при постоянном токе	при переменном токе частотой 50 Гц	
		однофазном	трехфазном
Сети и приемники	12; 24; 36; 48; 60; 110; 220; 440	12; 24; 36; 42; (127)*, 220; 380	36; 42; (220/127); 380/220; 660/380

Объект	Напряжение, В		
	при постоянном токе	при переменном токе частотой 50 Гц	
		однофазном	трехфазном
Источники	12; 24; 36; 48; 60; 115; 230; 460	12; 24; 36; 42; (133); 230	36; 42; (230/133); 400/230; 690/400

* Напряжение, указанное в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуется.

Таблица 40. Номинальные междуфазные напряжения трехфазного тока выше 1000 В электрических сетей, источников и приемников электрической энергии (ГОСТ 721—74)

Объект	Междуфазное напряжение, кВ
Сети и приемники	(3)*; 6; 10; 20; 35; 110; (150); 220; 330; 500; 750
Генераторы и синхронные компенсаторы	(3,15); 6,3; 10,5; 21
Обмотки трансформаторов и автотрансформаторов без РПН**:	
первичные	(3) и (3,15); 6 и 6,3; 10 и 10,5; 20; 35; 330; 500; 750
вторичные	
Обмотки трансформаторов и автотрансформаторов с РПН:	
первичные	6 и 6,3; 10 и 10,5; 20 и 21; 35 и 36,7; 110 и 115; (158); 220 и 230; 330; 500; 750
вторичные	(3,15); 6,3 и 6,6; 10,5 и 11; 22; 38,5; 115 и 121; (158); 230 и 242; 330

* Напряжение, указанное в скобках, для вновь проектируемых сетей не рекомендуется.

** РПН — регулирование под напряжением.

Окраска шин. Шины должны быть окрашены в следующие цвета:

при переменном токе — фаза А — в желтый, фаза В — в зеленый; фаза С — в красный; нулевые шины — в белый (при изолированной нейтрали) и желтыми полосами по зеленому фону (при заземленной нейтрали) шириной 15 мм на расстоянии 150 мм друг от друга; резервная — в цвет резервируемой фазы:

при однофазном токе — проводник, присоединенный к началу обмотки источника питания, в желтый цвет, к концу обмотки — в

красный цвет, шины однофазного тока при ответвлении от шин трехфазной системы — в цвет соответствующей фазы трехфазного тока; при постоянном токе — положительная (+) — в красный, отрицательная (—) — синий, нейтральная — белый.

Заземление. *Заземлением* называют преднамеренное электрическое соединение какой-либо части электроустановки с заземляющим устройством.

Заземляющее устройство — совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Заземлителем является металлический проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном соприкосновении с землей.

Заземляющими проводниками называют металлические проводники, соединяющие заземляемые части электроустановок с заземлителем.

ГЛАВА II. ВНУТРИЦЕХОВЫЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДКИ НАПЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В И ОСВЕТИТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОУСТАНОВКИ

§ 6. Термины и определения

К электропроводам относят силовые, осветительные и вторичные цепи переменного и постоянного тока с применением изолированных установочных проводов всех сечений, а также небронированных силовых кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в металлической, резиновой или пластмассовой оболочке с сечением фазных жил до 16 мм².

Электропроводкой называется совокупность проводов и кабелей с относящимися к ним креплениями, поддерживающими и защитными конструкциями и деталями.

Различают открытую, скрытую и наружную проводку.

Открытой называется электропроводка, проложенная по поверхности стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий и сооружений, по опорам и т. п. При этом прокладка проводов и кабелей ведется непосредственно по поверхности стен, потолков, на струнах, полосах, тросах, роликах, изоляторах, в трубах, коробах, гибких металлических рукавах, на лотках, в электротехнических плинтусах и наличниках, свободной подвеской и т. п. Открытая электропроводка может быть стационарной, передвижной и переносной.

Скрытой называется электропроводка, проложенная внутри конструктивных элементов зданий и сооружений (в стенах, полах, фундаментах, перекрытиях), а также по перекрытиям в подготовке пола, непосредственно под съемным полом и т. п. При этом прокладка проводов и кабелей ведется в трубах, гибких металлических рукавах, коробах, замкнутых каналах и пустотах строительных конструкций в заштукатуриваемых бороздах, под штукатуркой, а также замоноличиванием в строительные конструкции при их изготовлении.

Наружной является электропроводка, проложенная по наружным стенам зданий и сооружений, под навесами, а также между зданиями на опорах (не более четырех пролетов длиной до 25 м каждый) вне улиц, дорог и т. п.

Защищенный провод — это провод, имеющий поверх электрической изоляции металлическую или иную оболочку для предохранения

от механических повреждений. Обмотка и оплетка пряжей не является такой защитой.

Незащищенным проводом называется провод, изоляция которого не предохранена оболочками от механических повреждений.

Вводом от воздушной линии электропередачи (ВЛ) называется электропроводка, соединяющая ответвление от ВЛ с внутренней электропроводкой, считая от изоляторов, установленных на наружной поверхности (стене, крыше) здания или сооружения, до зажимов вводного устройства.

Струной — несущим элементом электропроводки — называется стальная проволока, натянутая вплотную к поверхности стены, потолка и другим конструкциям для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

Полосой — несущим элементом электропроводки — называется металлическая полоса, прикрепленная вплотную к поверхности стены, потолка и т. п. для крепления к ней проводов, кабелей или их пучков.

Тросом — несущим элементом электропроводки — называется стальная проволока (или стальной канат), натянутая в воздухе, для подвески к ней проводов, кабелей или их пучков.

Коробом называется закрытая полая конструкция прямоугольного или другого сечения для прокладки в ней проводов и кабелей. Короб должен служить защитой этим проводам и кабелям от механических повреждений. Короба могут быть глухими или с открывающимися крышками, со сплошными или перфорированными стенками и крышками. Глухие короба не должны иметь перфорации. Короба можно использовать в помещениях и наружных установках.

Лотком называется открытая конструкция для прокладки в ней проводов и кабелей. Он не является защитой от механических повреждений проводов и кабелей. Лотки должны изготовляться из негорючих материалов. Они могут быть сплошными, перфорированными или решетчатыми и применяться в помещениях и наружных установках.

Системы электрического освещения. Различают следующие системы электрического освещения:

общее — для освещения помещения;

местное (стационарное или переносное) — для освещения только рабочих поверхностей;

комбинированное — совокупность общего и местного освещения.

Виды электрического освещения. Применяют следующие виды освещения:

рабочее — для обеспечения нормальных условий работы; охранное (разновидность рабочего) — для освещения границ охраняемой территории;

аварийное для продолжения работы — для временного продолжения работы при аварийном отключении рабочего освещения;

аварийное для эвакуации — для безопасной эвакуации людей при аварийном отключении рабочего освещения.

Электрические светильники. С точки зрения защиты от проникновения в светильники паров и пыли их разделяют на следующие типы:

открытые, в которых лампа не отделена от внешней среды;

защищенные, в которых лампа и патрон отделены от внешней среды оболочкой, укрепленной так, чтобы не препятствовать обмену воздуха между внутренней полостью светильника и внешней средой;

влагозащищенные, корпус и патрон которых противостоят воз-

действию влаги и обеспечивают сохранность изоляции введенных в светильник проводов;

закрытые, которые имеют оболочку, уплотненную так, что она не допускает проникновения пыли в полость расположения лампы и патрона. Если уплотнение оболочки не позволяет проникать тонкой пыли в полость расположения лампы и патрона, исполнение светильника называется *пыленепроницаемым*.

§ 7. Общие сведения

Т а б л и ц а 41. Требования к электропроводкам и осветительным электроустановкам

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Совместная прокладка электропроводок в одной трубе (рукаве, коробе, пучке, лотке, канале стройконструкции)	Запрещается совместная прокладка взаиморезервируемых цепей рабочего и аварийного освещения, цепей освещения и силовых цепей, а также осветительных цепей напряжением до 42 В с цепями напряжением выше 42 В	Совместная прокладка этих цепей допускается лишь в разных трубах или отсеках коробов и лотков со сплошными продольными перегородками из негорючего материала
Прокладка фазных и нулевых проводников в стальных трубах или трубах со стальной оболочкой	При переменном или выпрямленном токе фазные и нулевой (или прямой и обратный) проводники следует прокладывать в одной трубе	Допустимо прокладывать указанные проводники в отдельных трубах, если длительный ток в проводниках не превышает 25 А
Места соединения и ответвления проводников	В этих местах провода и кабели не должны испытывать усилий тяжения	Места должны быть доступны для осмотра и ремонта и иметь изоляцию, равноценную жилам
Защита от коррозии	Конструкции, короба, лотки, трубы, рукава, коробки, скобы и другие элементы электропроводок должны быть защищены от коррозии	Защита должна соответствовать условиям окружающей среды
Освещение	Для производственных помещений надо применять общую или комбинированную систему освещения	Для непроизводственных помещений следует использовать общее освещение

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Светильники общего освещения	Для питания светильников необходимо напряжение переменного тока при заземленной нейтрали не выше 380/220 В	Напряжение постоянного и переменного тока при изолированной нейтрали должно быть не выше 220 В
Знаки на светильниках	В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных на светильниках должны быть знаки с указанием напряжения	—

Таблица 42. Наименьшие сечения токопроводящих жил проводов и кабелей в электропроводках

Проводники и их назначение	Сечение жил, мм ²	
	медных	алюминиевых
Шнуры для присоединения бытовых электроприемников	0,35	—
Кабели для присоединения переносных и передвижных электроприемников в промышленных установках	0,75	—
Скрученные двухжильные провода с многопроволочными жилами для стационарной прокладки на роликах	1	—
Незащищенные изолированные провода для стационарной прокладки внутри помещений:		
непосредственно по основаниям на роликах, клицах и тросах	1	2,5
на лотках, в коробах (кроме глухих):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2,0
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
на изоляторах	1,5	4
Незащищенные изолированные провода в наружных электропроводках:		
по стенам, конструкциям или опорам на изоляторах; вводы от воздушной линии . . .	2,5	4
под навесами на роликах	1,5	2,5

Проводники и их назначение	Сечение жил, мм ²	
	медных	алюминие- вых
Незащищенные и защищенные изолированные провода и кабели в трубах, металлических рукавах и глухих коробах	1	2,0
Кабели и защищенные изолированные провода для стационарной прокладки (без труб, рукавов и глухих коробов):		
для жил, присоединяемых к винтовым зажимам	1	2,0
для жил, присоединяемых пайкой:		
однопроволочных	0,5	—
многопроволочных (гибких)	0,35	—
Защищенные и незащищенные провода и кабели в замкнутых каналах или замоноличенные в строительных конструкциях либо под штукатуркой	1	2,0

§ 8. Выбор проводов и кабелей, вида электропроводки и способа прокладки

Таблица 43. Требования к выбору проводов и кабелей

Выбор проводов и кабелей	Требование	Дополнение и пояснение
По оболочке и изоляции	Оболочка и изоляция должны соответствовать способу прокладки и условиям окружающей среды. Изоляция должна соответствовать номинальному напряжению сети	Нулевые рабочие проводники должны иметь изоляцию, равноценную изоляции фазных проводников. Исключение для сетей напряжением до 42 В см. ПУЭ-76 (II-1-35)
По материалу жил	В стационарной электропроводке следует применять провода и кабели с алюминиевыми жилами	Исключения см. ПУЭ-76 (II-1-70, III-4-3, III-4-5; V-5-6, VI-5-12—VI-5-14, VII-2-74 и VII-3-67)
Для питания переносных и передвижных электроприемников	Для питания электроприемников надо применять провода и кабели с алюминиевыми жилами	Все жилы этих проводников, в том числе заземляющая, должны быть в общей оболочке

Выбор проводов и кабелей	Требование	Дополнение и пояснение
В жарких помещениях	В жарких помещениях следует применять провода и кабели с теплостойкой изоляцией	При прокладке иных проводов и кабелей токовые нагрузки должны быть соответственно снижены
В сырых и особо сырых помещениях и наружных установках	Изоляция проводов в указанных помещениях и установках должна быть влагостойкой	Влагостойкая изоляция — резиновая и пластмассовая
В местах, где возможны механические повреждения	Открыто проложенные провода и кабели должны иметь защитные оболочки	Если оболочек нет или они недостаточны, их следует защищать трубами, коробами, ограждениями или применять скрытую проводку
В местах наличия масел и эмульсий	В этих местах необходимо применять провода с маслостойкой изоляцией	При прокладке иных проводов их следует защищать от воздействия масел и эмульсий

Т а б л и ц а 44. Виды электропроводок, способы их прокладки и характеристика проводов и кабелей

Способ прокладки	Характеристика проводов и кабелей	Условия окружающей среды
------------------	-----------------------------------	--------------------------

Открытые электропроводки

На изолирующих опорах:		
на роликах и клицах	Одножильные провода незащищенные	В сухих и влажных помещениях
то же	Двужильные провода скрученные	В сухих помещениях

Способ прокладки	Характеристика проводов и кабелей	Условия окружающей среды
на изоляторах, а также на роликах (предназначенных для применения в сырых местах)	Одножильные провода незащищенные	В помещениях всех видов и наружных установках. В наружных установках ролики для сырых мест (бóльших размеров) допускается применять только в местах, где исключена возможность непосредственного попадания на электропроводку дождя или снега (под навесами)
Непосредственно по поверхности стен, потолков и на струнах, полосах и других несущих конструкциях	Кабели в неметаллической и металлической оболочках Провода защищенные и незащищенные одно- и многожильные, кабели в неметаллической и металлической оболочках	В наружных установках В помещениях всех видов
На лотках и в коробах с открываемыми крышками	То же	В помещениях всех видов и наружных установках
На тросах	Специальные провода с несущим тросом, провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные. Кабели в неметаллической и металлической оболочках	В помещениях всех видов. В наружных установках — только специальные провода с несущим тросом для наружных установок или кабели

Способ прокладки	Характеристика проводов и кабелей	Условия окружающей среды
------------------	-----------------------------------	--------------------------

Открытые и скрытые электропроводки

В металлических гибких рукавах. В стальных трубах (обыкновенных и тонкостенных) и глухих стальных коробах. В неметаллических трубах и неметаллических глухих коробах из трудносгораемых материалов. В изоляционных трубах с металлической оболочкой	Провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные. Кабели в неметаллической оболочке	В помещениях всех видов и наружных установках, кроме применения изоляционных труб с металлической оболочкой, а также стальных труб и стальных глухих коробов с толщиной стенок 2 мм и менее в сырых, особо сырых помещениях и наружных установках
---	---	---

Скрытые электропроводки

В неметаллических трубах из сгораемых материалов (несамозатухающий полиэтилен и т. п.). В замкнутых каналах строительных конструкций; под штукатуркой Замоноличено в строительных конструкциях при их изготовлении	Провода незащищенные и защищенные одно- и многожильные. Кабели в неметаллической оболочке Провода незащищенные	То же В сухих, влажных и сырых помещениях
---	---	--

Т а б л и ц а 45. Выбор электропроводок и способы их прокладки по условиям пожарной безопасности

Электропроводка	Способ прокладки по основаниям и конструкциям		
	из сгораемых материалов*	из трудносгораемых материалов	из негорючих материалов

Открытые электропроводки

Незащищенные провода	На роликах, изоляторах или с подкладкой под провода негорючих материалов**	Непосредственно	Непосредственно
----------------------	--	-----------------	-----------------

Электропроводка	Способ прокладки по основаниям и конструкциям		
	из сгораемых материалов*	из трудно-сгораемых материалов	из несгораемых материалов
Защищенные провода и кабели в оболочке из материалов*: сгораемых	На роликах, изоляторах или с подкладкой под провода несгораемых материалов**	Непосредственно	Непосредственно
трудно-сгораемых	Непосредственно	»	»
несгораемых	»	»	»
Трубы и короба из материалов:			
сгораемых	Запрещается	Запрещается	Запрещается
трудно-сгораемых	»	Непосредственно	Непосредственно
несгораемых	Непосредственно	»	»

Скрытые электропроводки

Незащищенные провода	С подкладкой под провода несгораемых материалов ** и последующим заштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	Непосредственно	Непосредственно
Защищенные провода и кабели в оболочке из материалов:			
сгораемых	С подкладкой под провода несгораемых материалов и последующим заштукатуриванием или защитой со всех сторон сплошным слоем других несгораемых материалов	»	»
трудно-сгораемых	С подкладкой несгораемых материалов **	»	»
несгораемых	Непосредственно	»	»

Электропроводка	Способ прокладки по основаниям и конструкциям		
	из сгораемых материалов*	из трудно-сгораемых материалов	из негоряемых материалов
Трубы и короба из материалов: сгораемых	Запрещается	Замоноличено, в бороздах в сплошном слое негоряемых материалов ***	
трудносгораемых	С подкладкой под трубы негоряемых материалов** и последующим заштукатуриванием****	Непосредственно	Непосредственно
негоряемых	Непосредственно	»	»

* Группы возгораемости строительных материалов и конструкций приведены в табл. 46.

** Подкладка из негоряемых материалов должна выступать с каждой стороны провода, кабеля, трубы или короба не менее чем на 10 мм.

*** Сплошным слоем негоряемого материала вокруг трубы (короба) может быть слой штукатурки, алебастрового, цементного раствора толщиной не менее 10 мм.

**** Заштукатуривание трубы осуществляется сплошным слоем штукатурки, алебастра и т. п. толщиной не менее 10 мм над трубой.

Т а б л и ц а 46. Группы возгораемости строительных материалов и конструкций

Группа возгораемости	Характеристика	
	материалов	конструкций
Негоряемые	Под воздействием огня или высокой температуры не воспламеняющиеся, не тлеющие и не обугливающиеся	Выполненные из негоряемых материалов
Трудносгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры с трудом воспламеняющиеся, тлеющие или обугливающиеся и продолжающие гореть или тлеть только при наличии источника огня (после удаления источника огня горение и тление прекращаются)	Выполненные из трудносгораемых материалов, а также из сгораемых материалов, защищенные от огня штукатуркой или облицовкой из негоряемого материала

Группа возгораемости	Характеристика	
	материалов	конструкций
Сгораемые	Под воздействием огня или высокой температуры воспламеняющиеся или тлеющие и продолжающие гореть или тлеть после удаления источника огня	Выполненные из сгораемых материалов, не защищенные от огня или высоких температур

§ 9. Допустимые токовые нагрузки на провода и шины

Допустимые длительные токовые нагрузки на провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией, приведенные в табл. 47 и 48, приняты из расчета нагрева жил до 65°C при температуре воздуха 25°C , а нагрузки на голые шины (табл. 49) — из расчета их нагрева до 70°C при температуре воздуха 25°C .

Таблица 47. Допустимые длительные токовые нагрузки на провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение токопро- водящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножилъ- ных	трех одио- жилъных	четырёх одно- жилъных	одного двухжилъ- ного	одного трех- жилъного
0,5	11	—	—	—	—	—
0,75	15	—	—	—	—	—
1	17	16	15	14	15	14
1,2	20	18	16	15	16	14,5
1,5	23	19	17	16	18	15
2	26	24	22	20	23	19
2,5	30	27	25	25	25	21
3	34	32	28	26	28	24
4	41	38	35	30	32	27
5	46	42	39	34	37	31
6	50	46	42	40	40	34
8	62	54	51	46	48	43
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175
95	330	275	255	225	245	215
120	385	315	290	260	295	250

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно- жильных	трех одно- жильных	четыре одно- жильных	одного двух- жильного	одного трех- жильного
150	440	360	330	—	—	—
185	510	—	—	—	—	—
240	605	—	—	—	—	—
300	695	—	—	—	—	—
400	830	—	—	—	—	—

Примечание. При определении числа проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий провод четырехпроводной системы трехфазного тока (или заземляющая жила) в расчет не принимается.

Таблица 48. Допустимые длительные токовые нагрузки на провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одно- жильных	трех одно- жильных	четыре одно- жильных	одного двух- жильного	одного трех- жильного
2	24	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3	27	24	22	21	22	18
4	32	28	28	23	25	21
5	36	32	30	27	28	24
6	39	36	32	30	31	26
8	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Примечание. То же, что и к табл. 47.

Т а б л и ц а 49. Допустимые длительные токовые нагрузки на голые шины прямоугольного сечения

Размер шин, мм	Токовая нагрузка*, А, шин		Размер шин, мм	Токовая нагрузка, А, стальных шин
	медных	алюминиевых		
15×3	210	165	20×2,5	60/90
20×3	275	215	25×2,5	75/110
25×3	340	265	20×3	65/100
			25×3	80/120
30×4	475	365/370	30×3	95/140
40×4	625	480	40×3	125/190
40×5	700/705	540/545	50×3	155/230
50×5	860/870	665/670	60×3	185/280
			70×3	215/320
50×6	955/960	740/745	80×3	245/365
60×6	1125/1145	870/880	90×3	275/410
80×6	1480/1510	1150/1170	100×3	305/460
100×6	1810/1875	1425/1455	20×4	70/115
60×8	1320/1345	1025/1040	25×4	85/140
80×8	1690/1755	1320/1355	30×4	100/165
100×8	2080/2180	1625/1690	40×4	130/220
120×8	2400/2600	1900/2040	50×4	165/270
60×10	1475/1525	1155/1180	60×4	195/325
80×10	1900/1990	1480/1540	70×4	225/375
100×10	2310/2470	1820/1910	80×4	260/430
120×10	2650/2950	2070/2300	100×4	325/535

* В числителе дана нагрузка при переменном токе, в знаменателе — при постоянном.

§ 10. Заземление

Сопротивление заземляющего устройства должно быть не более 4 Ом, а при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВ·А и менее — не более 10 Ом. Размеры заземляющих проводников приведены в табл. 50 и 51.

Т а б л и ц а 50. Минимальные размеры стальных заземлителей и заземляющих проводников

Место прокладки	Диаметр круглого проводника, мм	Размеры прямо- угольного проводника		Толщина полка угловой стали, мм	Толщина стенок водо- газопроводной трубы, мм
		сечение, мм²	толщина, мм		
В зданиях	5	24	3	2	2,5
В земле	10	48	4	4	3,5

**Т а б л и ц а 51. Минимальные сечения медных
и алюминиевых заземляющих проводников
в электроустановках напряжением до 1000 В**

Наименование	Сечение провод- ника, мм ²	
	медного	алюми- ниевое
Голые проводники при открытой прокладке	4	6
Изолированные провода	1,5	2,5
Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами	1	2,5

Заземляющие проводники должны быть защищены от коррозии. Открыто проложенные заземляющие и нулевые защитные проводники окрашивают по зеленому фону желтыми полосами шириной 15 мм на расстоянии 150 мм друг от друга.

Заземляющие проводники в помещениях должны быть доступны для осмотра (это не относится к нулевым жилам и металлическим оболочкам кабелей, трубопроводам скрытой электропроводки, металлоконструкциям, находящимся в земле, и проводникам заземления, проложенным в трубах).

Временные переносные заземления для закорачивания и заземления токоведущих частей ремонтируемых установок следует выполнять из голых гибких медных многожильных проводов, сечение которых должно соответствовать требованию термической устойчивости при коротких замыканиях, но не менее 25 мм².

Выбор сечения переносного заземления определяют по формуле

$$S_{\text{мин}} = I_{\text{уст}} \sqrt{t_{\text{ф}} / 272},$$

где $I_{\text{уст}}$ — максимальный установившийся ток короткого замыкания, А; $t_{\text{ф}}$ — время (время наибольшей уставки фактической защиты данной установки), с.

§ 11. Выбор источников света, напряжения питания и установки светильников

Источники света. Для электрического освещения должны применяться источники света со спектральным составом, близким к белому. Цветные источники света применяют для рекламного или иллюминационного освещения, а также при работе со светочувствительными материалами и в других подобных случаях.

Люминесцентными лампами пользуются преимущественно:

в помещениях, где нужно различать цветовые оттенки;

в помещениях, где необходимо создать особо благоприятные условия для работы глаз (учебные и др.);

в производственных помещениях, предназначенных для постоянного пребывания людей, где нет естественного освещения или оно недостаточное;

для архитектурно-художественного освещения.

В одном помещении можно применять источники света с различным спектром (например, лампы накаливания и люминесцентные), при этом необходимо исключить появление на рабочих поверхностях разноцветных теней.

Питание аварийного освещения. Светильники для продолжения работы и для эвакуации из производственных зданий без естественного освещения должны присоединяться к независимому источнику питания или переключаться на него автоматически. Допустимые напряжения для питания светильников приведены в табл. 52, а требования к выбору и установке осветительных арматур — в табл. 53.

Таблица 52. Наибольшие допустимые напряжения электрического тока для питания светильников

Система освещения	Характер помещения	Высота подвеса или установки светильника, м	Допустимое напряжение, В
Общее стационарное	Без повышенной опасности	Любая	Не выше 220
	С повышенной опасностью и особо опасное	Более 2,5 от пола	То же
		Менее 2,5 от пола	42 *
Местное стационарное	Без повышенной опасности	Любая	Не выше 220
	С повышенной опасностью и особо опасное	»	42 **

* Допустимо напряжение 220 В в светильниках, конструкция которых исключает доступ к лампе без применения инструмента (отвертки, плоскогубцев), с вводом в светильник электропроводки в металлических трубах, металлорезках или защитных оболочек кабелей и защищенных проводов. Это требование не распространяется на светильники в электропомещениях и обслуживаемые с кранов или площадок, посещаемых только квалифицированным персоналом. Расстояние от светильников до настила тележки крана должно быть не менее 1,8 м или их необходимо подвешивать не ниже нижнего пояса ферм перекрытия и обслуживать с соблюдением правил безопасности труда.

** Если опасность поражения током особенно велика (теснота, неудобное положение работника, соприкосновение с металлическими хорошо заземленными поверхностями — работа в котлах и т. п.), следует применять напряжение не выше 12 В.

Переносные светильники приравниваются по напряжению к светильникам местного освещения. Переносные светильники напряжением 42 В и ниже получают питание от понижающих трансформаторов. Применять для этой цели автотрансформаторы запрещается.

Если понижающий трансформатор является разделяющим, то заземление его вторичной обмотки и питающегося от него электроприемника запрещается, а заземляют корпус трансформатора. Если понижающий трансформатор не является разделяющим, надо заземлять корпус трансформатора, один из выводов либо нейтраль или среднюю точку вторичной обмотки.

Вносить переносные трансформаторы внутрь котлов, металлических резервуаров запрещается.

**Т а б л и ц а 53. Требования к выбору и установке
осветительных арматур**

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Конструкция и исполнение светильников	Должны соответствовать напряжению сети и условиям окружающей среды	—
Светильники в установках, подверженных вибрациям и сотрясениям	Светильники должны иметь конструкцию, не допускающую самоотвинчивания и выпадения ламп	—
Светильники с люминесцентными лампами на напряжение 127—220 В	Для общего и местного освещения указанные светильники можно устанавливать на высоте менее 2,5 м	Установка возможна, если токоведущие части светильника недоступны для случайных прикосновений
Светильники в помещениях сырых и особо сырых	Допустима установка люминесцентных ламп для местного освещения только в специальной арматуре	Требование относится также к помещениям жарким и с химически активной средой
Ввод проводов в арматуру	Операцию надо выполнять так, чтобы в месте ввода провода не подвергались механическим повреждениям	Контакты патронов не должны испытывать механических усилий
Соединение проводов	Запрещается выполнять соединение проводов внутри кронштейнов или труб, с помощью которых устанавливается арматура	—
Подвески светильников	Подвески должны выдерживать в течение 1 ч нагрузку (без остаточных деформаций), равную пятикратной массе светильника	Для многоламповых люстр с массой 100 кг и более должны выдерживать нагрузку, равную двукратной массе люстры плюс 80 кг

Объем или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Провода для зарядки арматур общего освещения	Провода должны применяться с медными жилами сечением не менее 0,5 мм ² внутри зданий и 1 мм ² вне зданий	Изоляция проводов должна соответствовать напряжению сети
Провода для настольных, ручных и переносных светильников	Следует применять гибкие шнуры и провода с медными жилами сечением не менее 0,75 мм ²	Требование относится также к светильникам местного освещения, подвешиваемых на проводах
Провода для зарядки стационарных арматур местного освещения	Следует применять гибкие провода с медными жилами сечением не менее 1 мм ² для подвижных конструкций	Для неподвижных конструкций применяют те же провода, но с сечением жил не менее 0,5 мм ²

§ 12. Приемка в эксплуатацию внутрицеховых электросетей и осветительных электроустановок

Таблица 54. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Надписи	Все групповые отключающие устройства и предохранители должны иметь надписи	В надписях указывают наименование присоединения, максимально допустимую уставку тока расцепителя и плавкой вставки
Плавкие вставки предохранителей	Запрещается применять некалиброванные и завышенные по току вставки	У дежурного персонала всегда должен быть запас плавких вставок
Штепсельные розетки для переносных токоприемников с частями, подлежащими заземлению (занулению)	Розетки должны иметь защитный контакт для заземляющего (зануляющего) проводника	Конструкция штепсельного соединения должна исключать возможность использования токоведущих контактов для заземления (зануления)

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Штепсельные вилки и розетки	Вилки не должны подходить к розеткам с более высоким напряжением	Нарушение требования может привести к повреждению токоприемника и несчастному случаю
Однополюсные выключатели	Выключатели должны устанавливаться в цепи фазного провода	При несоблюдении требования токоприемник при отключенном выключателе окажется под фазным напряжением
Ламповые патроны	Винтовые гильзы патронов в сетях с глухозаземленной нейтралью должны быть присоединены к нулевому, а не фазному проводу	Требование не распространяется на переносные и настольные лампы, не требующие заземления (подключаемые штепсельным соединением)
Переносные светильники	Светильники 12—42 В следует присоединять к переносным понижающим трансформаторам гибкими шланговыми проводами	Запрещается применять люминесцентные лампы, не укрепленные на жестких опорах
Питание аварийного освещения	Светильники для продолжения работы должны быть присоединены к независимому источнику питания, а для эвакуации людей — к сети, независимой от рабочего освещения, начиная от щита подстанции или при наличии только одного ввода, начиная от этого ввода	Запрещается присоединять к групповой сети аварийного освещения переносные трансформаторы и другие нагрузки, не относящиеся к аварийному освещению. Сеть аварийного освещения не должна иметь штепсельных розеток
Заземление электроустановок	Заземление следует выполнять: при напряжении 500 В и выше переменного и постоянного тока — во всех случаях	Заземлению подлежат: корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Выполнение заземления	при напряжении выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока — в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках при всех напряжениях — во взрывоопасных установках В установках с глухозаземленной нейтралью обязательна металлическая связь корпусов электрооборудования с заземленной нейтралью трансформатора Заземлению не подлежит: оборудование, установленное на заземленных металлических конструкциях корпуса реле измерительных и других приборов, установленных на металлических щитах и шкафах электроприемники с двойной изоляцией Каждый заземленный элемент должен быть присоединен к заземлителю или заземляющей магистрали отдельным ответвлением	приводы аппаратов вторичные обмотки измерительных трансформаторов каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов; металлические конструкции, корпуса, трубы, оболочки и броня кабелей и другие металлические части электрооборудования, а также конструкции, связанные с его установкой металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников На опорных поверхностях должны быть зачищенные, некрашенные места для обеспечения электрического контакта — Двойная изоляция состоит из двух независимых друг от друга ступеней, рассчитанных каждая на номинальное напряжение Запрещается последовательное включение в заземляющий проводник нескольких заземляемых элементов

§ 13. Надзор и уход за внутрицеховыми сетями и осветительными электроустановками

Т а б л и ц а 55. Осмотр, проверка, чистка, ремонт электрооборудования и контроль освещенности

Операция	Периодичность проверки	Пояснение
Ремонт электрооборудования и сетей: капитальный	Не реже 1 раза в год	Сроки устанавливает ответственный за электрохозяйство
текущий	То же	Производят между капитальными ремонтами
Осмотр и чистка оборудования и сетей	Не реже 1 раза в 3 мес	Проводят в сроки в зависимости от местных условий
Проверка: автоматов и системы аварийного освещения	Не реже 1 раза в 3 мес в дневное время	При отключении общего освещения от питающей сети автомат должен включить аварийное освещение от независимого источника питания
стационарного оборудования и электропроводки рабочего и аварийного освещения	1 раз в год	Проверяют соответствие номинальных токов расцепителей и плавких вставок расчетным
электрической сети	1 раз в год	Производят измерение нагрузок и напряжений в узловых и конечных точках
изоляции проводов и кабелей	1 раз в 3 года	Проводят испытание и измеряют сопротивление изоляции
Чистка ламп и осветительной арматуры	Сроки определяют в зависимости от местных условий	Одновременно проверяют наличие в светильниках стекол, решеток, сеток, состояние уплотнений в светильниках специального исполнения и т. д.

Операция	Периодичность проверки	Пояснение
Чистка стекол световых проемов помещений	Не реже 2 раз в год Не реже 4 раз в год	Чистку производят: в помещениях с незначительным выделением пыли, дыма и копоти в помещениях со значительным выделением пыли, дыма и копоти
Испытание изоляции стационарных трансформаторов со вторичным напряжением 12—42 В	Не реже 1 раза в год	Испытание изоляции переносных трансформаторов производят 1 раз в месяц
Контроль уровня освещенности	Не реже 1 раза в год	Проверяют общую освещенность помещения и освещенность в контрольных точках

Примечание. Чистку светильников, смену ламп и ремонт сети следует выполнять при снятом напряжении.

Профилактическое измерение сопротивления изоляции внутрицеповых электросетей. Измерение силовых и осветительных электропроводок напряжением до 1000 В производят мегаомметром на напряжение 1000 В. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

Измерение проводят при снятых плавких вставках на участке между смежными предохранителями или за последними предохранителями между любым проводом и землей, а также между любыми двумя группами. В силовых цепях должны быть отключены электроприемники, аппараты, приборы и т. п. В осветительных цепях лампы должны быть вывинчены, а штепсельные розетки, выключатели и групповые щитки присоединены.

ГЛАВА III. КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ

§ 14. Общие сведения

Кабельная линия служит для передачи электроэнергии или отдельных ее импульсов и состоит из одного или нескольких кабелей с соединительными и концевыми муфтами (заделками). Кабель состоит из трех основных элементов: токопроводящей жилы, изоляции и герметичных оболочек с защитными покровами.

По виду изоляции и оболочки различают следующие силовые кабели: с пропитанной бумажной изоляцией в металлической обо-

лочке; с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом, в металлической оболочке; с пластмассовой изоляцией в пластмассовой или металлической оболочке; с резиновой изоляцией в пластмассовой, резиновой или металлической оболочке.

Обозначение материала жилы, изоляции и оболочки производят следующим образом: медь — без обозначения; алюминий — А; свинец — С; поливинилхлоридный пластикат — В; полиэтилен — П; самозатухающий полиэтилен — Пс; вулканизирующийся полиэтилен — Пв; вулканизирующийся самозатухающий полиэтилен — Пвс; изоляционная резина — Р; шланговая резина, не распространяющая горение — Н; изоляционная резина повышенной теплостойкости — Рт; пропитанная бумажная изоляция — без обозначения; бумажная изоляция, пропитанная нестекающим составом, — Ц. В обозначение марки кабеля, не имеющего защитного покрова поверх металлической, пластмассовой или резиновой оболочки, добавляется буква Г.

Жилы кабеля изготовляют однопроволочными или многопроволочными с круглой, секторной или сегментной формой сечения. Для кабелей с однопроволочными жилами в обозначение после цифры, указывающей сечение жил, добавляются буквы ож в скобках.

Пропитанную бумажную изоляцию кабелей, освобожденную от избытка пропиточного состава, называют обедненной. В обозначение марки кабеля с бумажной обедненно-пропитанной изоляцией добавляется через дефис буква В (например, СБ-В).

Защитные покрытия кабелей состоят из подушки, брони и наружного покрова. Подушки состоят из битумного состава, крепированной бумаги, пропитанной кабельной пряжи, пластмассовых лент в различных сочетаниях и имеют обозначение: л, 2л, п, в (обозначение б — без подушки). Броня имеет следующие обозначения: Б — из стальных лент; П — из стальных оцинкованных плоских проволок; К — из стальных оцинкованных круглых проволок. Например, маркировка кабеля ААБвГ расшифровывается таким образом: алюминиевая жила, алюминиевая оболочка, защитный покров БвГ (Б — броня из стальных лент, в — подушка, Г — без наружного покрова).

Для соединения и ответвления кабелей применяют следующие муфты: С — соединительную; Ст — стопорную, СтП — стопорно-переходную, О — ответвительную; для оконцевания кабелей используют КН — концевую наружной установки, КМ — концевую мачтовую, КВ — концевую внутренней установки.

Выбор кабелей и токовые нагрузки на них приведены в табл. 56—59.

§ 15. Выбор кабелей

Т а б л и ц а 56. Требования, предъявляемые к кабельным линиям

Объект	Требование	Дополнение и пояснение
Бронированные кабели	Должны применяться для кабельных линий, прокладываемых в земле и воде	Металлические оболочки должны иметь внешний покров для защиты от химических воздействий

Объект	Требование	Дополнение и пояснение
Небронированные кабели	Прокладывать в кабельных сооружениях и производственных помещениях при отсутствии опасности механических повреждений	Вне кабельных сооружений допускается прокладка на недоступной высоте (не менее 2 м); на меньшей высоте — только при условии защиты от механических повреждений (коробами, угловой сталью, трубами)
Покровы кабелей	При прокладке кабельных линий в кабельных сооружениях, а также в производственных помещениях бронированные кабели не должны иметь поверх брони горючих покровов	Небронированные кабели не должны иметь защитных покровов из горючих материалов поверх металлической оболочки
Кабели в почве со смещениями	Должны применяться с проволочной броней или приниматься меры по устранению усилий, действующих на кабель при смещении почвы	К принимаемым мерам можно отнести запас кабеля по длине, укрепление грунта шпунтовыми или свайными рядами
Гибкие кабели с резиновой изоляцией	Должны применяться для кабельных линий, питающих передвижные механизмы	Указанные кабели могут применяться с другой аналогичной изоляцией, хорошо противостоящей многократным изгибам
Кабели с нестекающей пропиточной массой или с обедненно-пропитанной изоляцией	Должны применяться при прокладке кабельных линий напряжением до 35 кВ на вертикальных и наклонных участках трассы с разностью уровней, превышающей допустимую (см. табл. 60)	С нормально пропитанной изоляцией допускается применять на указанных трассах кабели только со стопорными муфтами, которые препятствуют перемещению пропиточного состава бумажной изоляции вдоль кабеля

Объект	Требование	Дополнение и пояснение
Четырех- жильные ка- бели	Должны применяться для прокладки в четырехпроводных сетях Прокладка нулевых жил отдельно от фазных не допускается	Допускается применение трехжильных силовых кабелей в алюминиевой оболочке на номинальное напряжение 1 кВ с использованием их оболочки в качестве нулевого провода (четвертой жилы) в четырехпроводных сетях переменного тока с глухозаземленной нейтралью *
Одножиль- ные кабели	В исключительных случаях допускается применять для кабельных линий в сетях трехфазной системы напряжением до 35 кВ. Сечение этих кабелей необходимо выбирать с учетом их дополнительного нагрева	Дополнительный нагрев одножильных кабелей обусловливается вихревыми токами и перемagnetиванием близко расположенных металлических частей

* Допущение не распространяется на установки: с взрывоопасной средой; с током в нулевом проводе, превышающим при нормальных условиях эксплуатации 75 % тока в фазном проводе.

§ 16. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели

Таблица 57. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели с медными и алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслосиликоновой и нестекающей массаами, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле

Сечение токопрово- дящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А. на кабели напряжением, кВ					
	одножиль- ные до 1	двух- жильные до 1	трехжильные			четырёх- жильные до 1
			до 3	до 6	до 10	
2,5	—	45/35	40/31	—	—	—
4	80/60	60/46	55/42	—	—	50/38
6	105/80	80/60	70/55	—	—	60/46
10	140/110	105/80	95/75	80/60	—	85/65
16	175/135	140/110	120/90	105/80	95/75	115/90
25	235/180	185/140	160/125	135/105	120/90	150/115
35	285/220	225/175	190/145	160/125	150/115	175/135

Сечение токопро- водящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, на кабели напряжением, кВ					
	одножил- ные до 1	двух- жилные до 1	трехжильные			четырёх- жилные до 1
			до 3	до 6	до 10	
50	360/275	270/210	235/180	200/155	180/140	215/165
70	440/340	325/250	285/220	245/190	215/165	265/200
95	520/400	380/290	340/260	295/225	265/205	310/240
120	595/460	435/335	390/300	340/260	310/240	350/270
150	675/520	500/385	435/335	390/300	355/275	395/305
185	755/580	—	490/380	440/340	400/310	450/345
240	880/675	—	570/440	510/390	460/355	—
300	1000/770	—	—	—	—	—
400	1220/940	—	—	—	—	—
500	1400/1080	—	—	—	—	—
625	1520/1170	—	—	—	—	—
800	1700/1310	—	—	—	—	—

Примечания: 1. В числителе даны нагрузки для медных жил, в знаменателе — для алюминиевых. 2. Нагрузки на кабели в таблице даны из расчета прокладки в траншее на глубине 0,7—1 м не более одного кабеля при температуре земли 15 °С. 3. Нагрузки на одиночные кабели, прокладываемые в трубах в земле без искусственной вентиляции, должны приниматься такими же, как и для кабелей, прокладываемых в воздухе. 4. При смешанной прокладке нагрузки должны приниматься для участка трассы с наихудшими тепловыми условиями, если его длина более 10 м. Рекомендуется применять в указанных случаях кабельные вставки большего сечения. 5. При прокладке нескольких кабелей в одной траншее (включая прокладку в трубах) нагрузки должны быть уменьшены введением коэффициентов (см. табл. 59). Резервные кабели не учитываются. 6. Прокладка нескольких кабелей в земле с расстоянием в свету между ними менее 100 мм не рекомендуется.

Таблица 58. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели с медными и алюминиевыми жилами с бумажной изоляцией, пропитанной маслосканифольной и нестекающей массами, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в воздухе

Сечение токопро- водящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, на кабели напряжением, кВ					
	одно- жилные до 1	двух- жилные до 1	трехжильные			четырёх- жилные до 1
			до 3	до 6	до 10	
2,5	40/31	30/23	28/22	—	—	—
4	55/42	40/31	37/29	—	—	35/27
6	75/55	55/42	45/35	—	—	45/35
10	95/75	75/55	60/46	55/42	—	60/45
16	120/90	95/75	80/60	65/50	60/46	80/60
25	160/125	130/100	105/80	90/70	85/65	100/75

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Токовые нагрузки, А, на кабели напряжением, кВ					
	одно- жильные до 1	двух- жильные до 1	трехжильные			четырёх- жильные до 1
			до 3	до 6	до 10	
35	200/155	150/115	125/95	110/85	105/80	120/95
50	245/190	185/140	155/120	145/110	135/105	145/110
70	305/235	225/175	200/155	175/135	165/130	185/140
95	360/275	275/210	245/190	215/165	200/155	215/165
120	415/320	320/245	285/220	250/190	240/185	260/200
150	470/360	375/290	330/255	290/225	270/210	300/230
185	525/405	—	375/290	325/250	305/235	340/260
240	610/470	—	430/330	375/290	350/270	—
300	720/555	—	—	—	—	—
400	880/675	—	—	—	—	—
500	1020/785	—	—	—	—	—
625	1180/910	—	—	—	—	—
800	1400/1080	—	—	—	—	—

Примечания те же, что в табл. 57.

Таблица 59. Поправочные коэффициенты на число работающих кабелей, лежащих рядом в земле в трубах и без труб

Расстояние в свету, мм	Поправочные коэффициенты в числе кабелей					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

§ 17. Приемка в эксплуатацию кабельных линий

Каждая кабельная линия должна иметь свой номер или наименование. Если линия состоит из нескольких параллельных кабелей, то каждый из них должен иметь тот же номер с добавлением букв А, Б, В и т. д. Нумерация кабелей обеспечивает правильность выполнения оперативных распоряжений при эксплуатации (переключения, испытаний, ремонтов и пр.).

Для каждой кабельной линии при вводе в эксплуатацию должны быть установлены максимальные токовые нагрузки в соответствии с табл. 57—59. Эти нагрузки определяются по участку трассы с наихудшими тепловыми условиями, если длина участка более 10 м.

На каждую кабельную линию должен быть заведен паспорт, содержащий технические данные по линии и систематически пополняемый сведениями по испытаниям, ремонту и эксплуатации линий.

При прокладках кабелей на вертикальных и крутонаклонных трассах необходимо соблюдать допустимую разность уровней между высшей и низшей точками кабеля (табл. 60).

Т а б л и ц а 60. Наибольшая допустимая разность уровней между высшей и низшей точками расположения кабеля на вертикальных и крутонаклонных трассах

Кабель	Допустимая разность уровней, м, для кабелей с бумажной изоляцией напряжением, кВ							
	в свинцовой оболочке				в алюминиевой оболочке			
	1 и 3	6	10	20 и 35	1 и 3	6	10	20 и 35
С вязкой пропиткой:								
бронированный	25	15	15	15	25	20	15	15
небронированный	20	15	15	15	25	20	15	15
С обедненной пропиткой	100	100	—	—	Без ограничения	100	—	—
С пропиткой нестекающей массой	—	Без ограничения			—	Без ограничения		

Примечания: 1. В таблице приведены данные для кабелей, на которых не применяют специальные устройства (например, стопорные муфты). 2. Для стояков у концевых муфт кабелей с вязкой пропиткой бумажной изоляции на напряжение 20 и 35 кВ допускается разность уровней до 10 м (с учетом периодической замены кабелей).

При прокладках кабелей должны соблюдаться допустимые радиусы изгиба, приведенные в табл. 61.

Т а б л и ц а 61. Минимально допустимые радиусы изгиба кабелей

Кабели	Кратность допустимого радиуса изгиба кабеля к его наружному диаметру
Силовые с пропитанной бумажной изоляцией и с бумажной изоляцией, пропитанной нестекающим составом:	
многожильные в свинцовой оболочке	15
одножильные в алюминиевой или свинцовой оболочке и многожильные в алюминиевой оболочке	25
Силовые с пластмассовой изоляцией в алюминиевой оболочке	15

Кабели	Кратность допустимого радиуса изгиба кабеля к его наружному диаметру
Силовые с пластмассовой и резиновой изоляцией:	
одножильные	10
многожильные	7,5
Контрольные в свинцовой оболочке	10
Контрольные в свинцовой оболочке бронированные	12
Контрольные в резиновой и поливинилхлоридной оболочке бронированные	10
Контрольные в резиновой и поливинилхлоридной оболочке, не имеющие брони	6

При выполнении кабельных разделок радиусы внутренней кривой изгиба жил кабелей должны иметь по отношению к диаметру жил кратности не менее 10 — для жил кабелей с бумажной изоляцией и 3 — с резиновой изоляцией.

§ 18. Надзор и уход за кабельными линиями

Основные сведения, связанные с эксплуатацией кабельных линий, приведены в табл. 62—67.

Т а б л и ц а 62. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Вентиляция коллекторов, туннелей и шахт	Вентиляция должна систематически проверяться для поддержания допускаемой температуры	В летнее время температура воздуха внутри сооружений не должна превышать температуру наружного воздуха более чем на 10 °С
Измерение нагрузок и напряжений	Измерение необходимо производить не менее 2 раз в год в различных точках сети	На основании этих измерений уточняют режимы и схемы работы кабельных сетей. В период максимума нагрузки измерения необходимо производить один раз

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Кабельные сооружения	Туннели, коллекторы, каналы и другие сооружения кабельных линий должны содержаться в чистоте; кабели и металлические конструкции необходимо покрывать антикоррозионным составом	В местах, куда может попасть вода, должны быть предусмотрены устройства для отвода почвенных и ливневых вод

Примечание. Для обеспечения сохранности кабелей руководство предприятия, на территории которого производятся земляные работы вблизи кабельных линий, должно выделять ответственных лиц, наблюдающих за выполнением этих работ.

Таблица 63. Допустимые кратковременные токовые перегрузки кабелей до 10 кВ с бумажной изоляцией, несущих нагрузки меньше номинальных

Вид прокладки	Коэффициент предварительной нагрузки	Допустимая перегрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		0,5	1	3
В земле	0,6	1,35	1,3	1,15
В воздухе		1,25	1,15	1,10
В трубах (в земле)		1,20	1,10	1,00
В земле	0,8	1,20	1,15	1,10
В воздухе		1,15	1,10	1,05
В трубах (в земле)		1,10	1,05	1,00

Таблица 64. Допустимые токовые перегрузки кабелей до 10 кВ с бумажной изоляцией в течение 5 сут на время ликвидации аварий в кабельных линиях

Вид прокладки	Коэффициент предварительной нагрузки	Допустимая нагрузка по отношению к номинальной при длительности максимума, ч		
		1	3	6
В земле	0,6	1,5	1,35	1,25
В воздухе		1,35	1,25	1,25
В трубах (в земле)		1,30	1,20	1,15
В земле	0,8	1,35	1,25	1,20
В воздухе		1,30	1,25	1,25
В трубах (в земле)		1,20	1,15	1,10

Примечание. Для кабельных линий, длительно находящихся в эксплуатации (более 15 лет), перегрузки должны быть снижены на 10 %. Перегрузки кабельных линий 20—35 кВ не допускаются.

**Т а б л и ц а 65. Максимально допустимые температуры
на жилах силовых кабелей**

Изоляция кабеля	Допустимая температура, °С	
	длительная нагрева жил	максимальная при токах краткого замыкания
Пропитанная бумага на напряжение, кВ:		
1	80	200
6	65*	200
10	60	200
20	55	130
35	50	130
Поливинилхлоридный пластикат	70	160
Полиэтилен	70	130
Вулканизирующийся полиэтилен	90	250
Резина	65	150
Резина повышенной теплостойкости	90	250

* Для кабелей с обедненной пропиткой изоляции 75 °С.

П р и м е ч а н и е. Допустимый нагрев жил кабелей с пластмассовой изоляцией в аварийном режиме должен быть не более 353 К (80 °С) — из поливинилхлоридного пластиката, полиэтилена, самозатухающего полиэтилена, 403 К (130 °С) — из вулканизирующегося полиэтилена. Продолжительность работы кабелей в аварийном режиме не должна быть более 8 ч в сутки и не более 1000 ч за срок службы.

Т а б л и ц а 66. Осмотры кабельных линий

Виды и объекты осмотров	Периодичность
Плановые осмотры монтерами: трасс кабелей, проложенных в земле	По местным инструкциям, но не реже 1 раза в 3 мес
концевых муфт на линиях напряжением выше 1000 В	1 раз в 6 мес
то же, напряжением до 1000 В	1 раз в год
кабельных муфт, расположенных в трансформаторных помещениях, распределительных пунктах и на подстанциях	Одновременно с другим оборудованием
кабельных колодцев	2 раза в год
подводных кабелей	В соответствии с местными инструкциями
Внеочередные осмотры	В период паводков и после ливней
Осмотры инженерно-техническим персоналом	В соответствии с местными инструкциями
Осмотры туннелей, шахт и каналов на подстанциях	

§ 19. Профилактические испытания кабельных линий

Т а б л и ц а 67. Разные требования к испытаниям кабельных линий

Объект испытаний	Требование	Дополнение и пояснение
Кабельные линии напряжением 3—35 кВ	В процессе эксплуатации должны не реже 1 раза в год подвергаться испытаниям Кабели необходимо подвергать внеочередным испытаниям после ремонтных работ на линиях, раскопок вблизи кабельных трасс, а также при подозрениях о наличии дефектов в линии	Испытания производят повышенным напряжением выпрямленного тока То же
Кабели, работающие в тяжелых условиях	Должны испытываться чаще, чем предусмотрено плановыми испытаниями	Сроки испытаний устанавливаются с учетом местных условий*
Кабели, не имеющие электрических пробоев	Проложенные в земле и не имеющие электрических пробоев ни при работе, ни при испытаниях в течение 5 лет могут испытываться реже, чем предусмотрено плановыми испытаниями	Испытания должны производиться не реже чем через 3 года
Кабели в кабельных сооружениях	Проложенные в туннелях, каналах, коллекторах и зданиях подстанций, не подверженные воздействию коррозии и механическим повреждениям (закрытые трассы), должны испытываться не реже 1 раза в 3 года	Испытания кабелей, присоединенных к токоприемникам, производят во время капитальных ремонтов последних
Кабели на вертикальных участках трассы	Необходимо производить периодическую замену этих участков для предупреждения электрических пробоев кабелей напряжением 20—35 кВ вследствие осушения их изоляции	Периодичность замены определяется местными условиями*

* Сроки испытаний устанавливает предприятие.

Испытательное напряжение выпрямленного тока. При испытании кабелей, находящихся в эксплуатации, испытательное напряжение принимается (5—6) $U_{ном}$ для линии с рабочим напряжением 2—10 кВ; (4—5) $U_{ном}$ для линии 20—35 кВ. Продолжительность испытания каждой фазы 5 мин. Испытание кабельных линий напряжением до 1000 В может производиться мегаомметром на напряжение 2500 В.

§ 20. Ремонт кабельных линий

Причины отказов кабельных линий. Данные об отказах кабельных линий 6—10 кВ, полученные на ряде промышленных предприятий, показывают, что наибольшее количество отказов кабельных линий происходит при прокладке их в траншеях. Это объясняется наличием механических повреждений, коррозии, осадков, оползней и других деформаций грунта. Поэтому способ прокладки кабелей в траншеях уступает более прогрессивным и надежным в эксплуатации способам — прокладке на эстакадах, галереях, в туннелях и др.

Значительное число отказов возникает из-за повреждений кабелей вследствие заводских дефектов кабеля, механических повреждений при прокладке или перекладке их в процессе эксплуатации (надломы, вмятины, задиры), а также коррозии металлической оболочки.

К заводским дефектам кабелей относят: складки на бумажных лентах, поперечные и продольные порезы и разрывы, зазоры между бумажными лентами в результате их совпадения, дефекты жил и свинцовых оболочек и др. Многие заводские дефекты в изоляции кабеля остаются невыявленными при испытаниях постоянным током и приводят к аварийному пробоем кабеля в процессе работы. Коррозия металлической оболочки кабелей вызывается воздействием блуждающих токов или агрессивных грунтов. В условиях эксплуатации возникают отдельные случаи коррозионного повреждения алюминиевой оболочки кабеля ААШв из-за повреждения поливинилхлоридного шланга. Значительное число отказов кабельных линий происходит из-за повреждения соединительных муфт и концевых заделок вследствие низкого качества контактных соединений и оконцеваний жил (наличие глубоких пор, острых кромок и заусенцев, неудаленной литейковой припыли, выкушенных или выгоревших проволок жилы и др.).

Отказы свинцовых соединительных муфт происходят из-за неудовлетворительной припайки свинцового корпуса к оболочке кабеля, образования пустот при восстановлении изоляции роликами и рулонами, недоливки кабельной массы, отсутствия контроля за температурой заливочных и прошпарочных масс, кристаллизации заливочной массы в процессе эксплуатации и из-за других причин.

Отказы эпоксидных соединительных муфт связаны с асимметрией жил внутри эпоксидного корпуса, наличием пор и свищей, отсутствием необходимой герметизации и др.

Значительное количество отказов концевых заделок внутренней установки происходит из-за установки в сырых и особо сырых помещениях заделок, не предназначенных для этих сред. Отказы концевых эпоксидных заделок объясняются неудовлетворительными обезжириванием и обработкой концов найритовых трубок, растрескиванием трубок, неудовлетворительной герметизацией жил и др.

Соединительные и концевые муфты и заделки, как правило, не поддаются ремонту, поэтому после их отказа вырезаются и заменяются новыми. Некоторые способы ремонта кабеля и кабельных муфт,

выполняемые в процессе эксплуатации, и меры безопасности труда при производстве этих работ приведены в табл. 68—71.

Т а б л и ц а 68. Ремонт кабелей

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Определение характера повреждения кабеля	До начала работ производят измерения, позволяющие определить характер повреждения	Кабельную линию перед измерениями необходимо отсоединить от питающего источника, а электроприемники — от линии. В большинстве случаев характер повреждения может быть установлен с помощью мегаомметра
Определение места повреждения кабеля	Определяют в два приема: сначала находят зону повреждения, затем уточняют место повреждения непосредственно на трассе	Зону повреждения определяют: импульсным методом, методом колебательного разряда, емкостным методом или методом петли. Место повреждения уточняют с помощью акустического или индукционного метода
Ремонт брони	Поврежденную часть снимают, после чего обрезают брони спаивают со свинцовой оболочкой	Свинцовую оболочку кабеля, не покрытую броней, покрывают антикоррозионным составом
Ремонт свинцовой оболочки и проверка бумажной изоляции	Вид ремонта определяют в зависимости от того, проникла ли влага внутрь кабеля или нет. В сомнительных случаях удаляют часть оболочки по обе стороны от места ее повреждения, осматривают поясную изоляцию и проверяют верхний слой изоляции на отсутствие влаги	Для проверки снимают ленты бумажной изоляции с поврежденного кабеля и погружают в нагретый до 150 °С парафин. Потрескивания и выделения пены свидетельствуют о проникновении влаги внутрь кабеля под свинцовую оболочку

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
	Если влаги внутри кабеля нет, на поврежденную часть оболочки надевают трубу (муфту) соответствующего размера с двумя заливочными отверстиями. После заливки муфты горячей мастикой и запайки шва на нее накладывают медный бандаж, который припаивают к свинцовой оболочке Если внутри кабеля есть влага, поврежденный участок вырезают и вместо него вставляют отрезок кабеля, соответствующий по марке, сечению и длине ремонтному	Труба составляется из рольного свинца (две половинки). Она должна быть на 70—80 мм больше оголенной части кабеля. С обеих сторон кабельной вставки монтируют соединительные муфты

Ремонт поливинилхлоридного защитного шланга кабеля ААШв. Подготовка кабеля к ремонту. Очистить и обезжирить места, подлежащие ремонту. Вырезать кабельным ножом посторонние включения и срезать в местах повреждения шланга выступающие края и задиры. Подготовить присадку из поливинилхлоридного прутка диаметром 4—6 мм.

Технология ремонта. Ремонт защитного шланга производят в струе горячего воздуха при температуре 443—473 К (170—200 °С) от сварочного пистолета ПС-1 с электрическим подогревом или газозвушного пистолета. Сжатый воздух подводят под давлением $0,98 \cdot 10^4$ — $8,9 \cdot 10^4$ Па (0,1—0,4 кгс/см²). Ремонт шланга можно производить также двухслойной подмоткой с 50 %-ным перекрытием липкой поливинилхлоридной ленты с промазкой поливинилхлоридным лаком № 1.

Устранение проколов, небольших отверстий и раковин. Прогревают конец присадочного прутка и место повреждения. Конец прутка прижимают и приваривают к шлангу в месте разогрева. После охлаждения прутки отрезают.

Устранение щелей, прорезей и вырезов. Приваривают прутки к целому месту шланга на расстоянии 1—2 мм от места повреждения, затем направляют струи воздуха так, чтобы одновременно прогревались нижняя часть присадочного прутка и обе стороны прорези или щели. Легким усилием нажимая на прутки, последний укладывают и приваривают вдоль щели или прорези. Приварку прутка заканчивают на целом месте шланга на расстоянии 1—2 мм от места повреждения, затем срезают ножом выступающие поверхности прутка и производят выравнивание сваренного шва.

Ремонт шланга с применением поливинилхлоридных заплат или разрезных манжет. Приваривают заплату к шлангу по всему периметру, а затем вдоль образовавшегося шва приваривают присадочный пруток. Выступающие поверхности прутка срезают и производят выравнивание шва на месте сварки.

Изготавливают манжету из поливинилхлоридной трубки размером на 35—40 мм больше длины поврежденного места, затем ее разрезают вдоль и надевают на кабель симметрично месту повреждения. Далее манжету временно закрепляют поливинилхлоридной или миткалевой лентой с шагом 20—25 мм. Приваривают конец прутка в месте стыка манжеты со шлангом, а затем укладывают и приваривают пруток вокруг торца манжеты. После приварки обоих торцов манжеты к шлангу снимают ленты временного крепления и приваривают пруток вдоль разреза манжеты, после чего производят выравнивание всех сварных швов.

Т а б л и ц а 69. Ремонт кабельной арматуры

Виды работ (объект)	Требование или указание	Дополнение и пояснение
Ремонт концевых заделок	Производство ремонтных работ на концевых заделках кабеля допускается только при отключении кабеля с двух сторон и его заземлении Поврежденную заделку обрезают или демонтируют, проверяют изоляцию кабеля на влажность и монтируют новую или приведенную в порядок демонтированную заделку. Проверку на влажность бумажной изоляции производят в разогретом до 150 °С парафине Необходимо восстанавливать защитный лаковый покров жил кабеля для сухих концевых заделок и кабельных воронок Течь пропиточного состава из концевой эпоксидной заделки устраняют наращиванием эпоксидного корпуса (см. табл. 70)	Ремонт концевых заделок кабеля на сборках должен производиться при полном отключении и заземлении сборок Если длина кабеля имеет достаточный запас, ремонт ограничивается монтажом только концевой заделки. Если длина недостаточна, кабель наращивают, и в этом случае необходимо монтировать дополнительно соединительную муфту — Наращивание корпуса выполняется аналогично монтажу заделки. Высота корпуса должна быть увеличена на 30—40 мм

Вид работ (объект)	Требование или указание	Дополнение или пояснение
Ремонт соединительных муфт	Коронирование по поверхности найритовых трубок можно устранить дополнительной подмоткой по трубкам Вырезают, как правило, дефектную муфту из кабельной линии и повторно соединяют кабели новыми муфтами. В случаях повреждения муфт из-за растяжки кабеля необходимо выполнить вставку кабеля	Подмотка выполняется липкой поливинилхлоридной лентой в два слоя с 50 %-ным перекрытием Если дефект в муфте незначителен, ее ремонт может быть выполнен увеличением разделки кабеля для новой удлиненной муфты

Т а б л и ц а 70. Методы восстановления герметичности эпоксидных заделок

Место нарушения герметизации	Указание по ремонту
Течь пропитывающего состава по кабелю в месте окончания корпуса заделки	Обезжиривают нижнюю часть заделки на участке 40—50 мм и на таком же расстоянии участок брони или оболочки (для небронированных кабелей). На обезжиренный участок корпуса заделки и примыкающий к нему участок кабеля шириной 15—20 мм накладывают двухслойную подмотку из смазанной эпоксидным компаундом хлопчатобумажной ленты. Устанавливают ремонтную форму (рис. 1), заливку которой производят тем же эпоксидным компаундом, из которого выполнен корпус заделки
Течь пропитывающего состава в месте выхода жил из корпуса заделки	Обезжиривают верхнюю плоскую часть корпуса заделки и участки трубок длиной 30 мм, примыкающие к корпусу. Устанавливают съемную ремонтную форму (рис. 2), размеры которой выбирают в зависимости от маркоразмера заделки, и заливают тем же компаундом, из которого выполнен корпус заделки
Течь пропитывающего состава из жил	Обезжиривают дефектный участок трубки и накладывают ремонтную двухслойную подмотку из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой эпоксидным компаундом каждого витка подмотки

Место нарушения герметизации	Указание по ремонту
Течь пропитывающего состава в месте примыкания трубки к цилиндрической части наконечника	Обезжиривают поверхность бандаж и участок трубки длиной 30 мм. На обезжиренные участки накладывают двухслойную подмотку из хлопчатобумажных лент с обильной обмазкой компаундом каждого витка подмотки. Поперек подмотки накладывают плотный бандаж из крученого шпагата и также обмазывают эпоксидным компаундом

Примечание. Нарушение герметичности может возникнуть при несоблюдении размеров и указаний по обезжириванию, плохой обработке поверхности найритовых трубок и несоблюдении других технологических указаний.

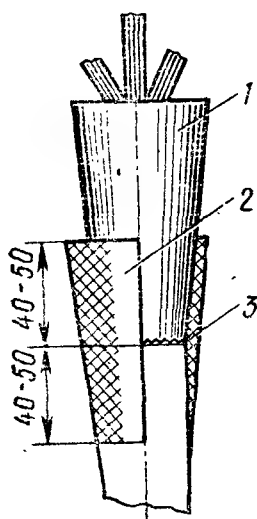


Рис. 1. Установка ремонтной формы для устранения течи пропитывающего состава в месте ввода кабеля в корпус заделки:

1 — корпус заделки, 2 — ремонтная форма, 3 — место течи

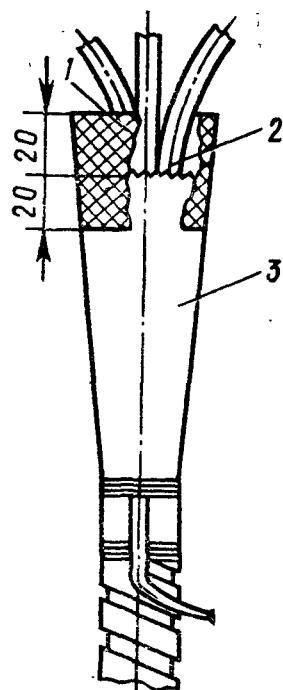


Рис. 2. Установка ремонтной формы для устранения течи в месте выхода жил из корпуса заделки:

1 — ремонтная форма, 2 — место течи, 3 — корпус заделки

Таблица 71. Меры безопасности при ремонтных работах на кабелях

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Земляные работы	При рытье траншей или котлована необходимо предварительно получить разрешение на выполнение этих работ от соответствующей организации При появлении вредных газов земляные работы должны быть немедленно прекращены, а рабочие удалены из опасных мест до устранения газов	В разрешении должно быть точно указано месторасположение ближайших подземных сооружений Дальнейшие земляные работы при возможности нового появления газов допустимы, если индикаторами произведены соответствующие проверки, а работающие обеспечены противогазами
Работы с землеройными механизмами	Не допускается применение землеройных машин на расстоянии ближе 1 м, а клин-бабы и аналогичных машин — на расстоянии ближе 5 м от трассы кабелей Отбойные молотки и землеройные машины можно применять на глубине, при которой до кабеля остается слой грунта не менее 0,4 м	Оставшийся слой грунта вынимают лопатами. Применение ломов и аналогичных инструментов запрещается
Подвеска и укрепление муфт и кабелей	Открытые муфты должны укрепляться на прочной доске, подвешенной с помощью проволоки или троса к перекинутым через траншею брусам. При подвешивании кабелей нельзя допускать их смещения	На открытые кабели надевают заранее приготовленные деревянные короба. Запрещается использовать для подвешивания открытых кабелей соседние кабели, трубопроводы и пр.
Вывеска плакатов	Необходимо вывешивать на короба, закрывающие открытые кабели	Плакаты должны иметь надписи: «Стоя — высокое напряжение» или «Стоя — опасно для жизни»

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Вскрытие муфты или разрезание кабеля	Перед этими операциями необходимо удостовериться в том, что они будут производиться действительно на кабеле, подлежащем ремонту, что кабель отключен и выполнены технические требования по допуску рабочих к работам на кабеле При сомнениях в правильности определения кабеля, подлежащего ремонту, необходимо проверить кабелеискательным индукционным аппаратом или указателем, работающим по принципу протекания активного тока, отсутствие на кабеле напряжения	Определение на трассе кабеля, подлежащего ремонту, производится: в кабельных сооружениях и производственных помещениях — тщательной сверкой (прослеживанием) кабеля с чертежами и схемами раскладки по биркам; при прокладке в земле пучка кабелей — сверкой их расположения с чертежами раскладки. Для этой цели предварительно выполняют контрольную траншею (шурф) поперек пучка, позволяющую видеть все кабели
Прокол кабеля	У кабелей, проложенных в земле, проверяют отсутствие напряжения специальным прокалывающим приспособлением. Металлическая часть приспособления перед выполнением прокола должна быть заземлена. Ответственный руководитель, производящий прокол, должен работать в диэлектрических перчатках и предохранительных очках, стоя на изолирующем основании. Кабель у места прокола необходимо покрыть экраном	Приспособление обеспечивает прокол кабеля стальной иглой сквозь броню до жил и замыкание их между собой и на землю. Рукоятка приспособления должна быть изолирована от стальной иглы. Прокол кабеля производится в присутствии допускающего и производителя работ

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Заливка кабельных муфт	Определение кабельным аппаратом отключенного кабеля и проверка отсутствия на нем напряжения прокалыванием и заземлением жил должны производиться в тех случаях, когда на муфте или кабеле есть следы электрического повреждения	К следам повреждений относят прогары и разрывы муфт. Если в результате повреждения кабеля открыты все токопроводящие жилы, отсутствие напряжения проверяют непосредственно указателем напряжения
	В туннелях и колодцах следует применять прокалывающее и заземляющее приспособление только с дистанционным управлением (пневматическим, шарнирным и т. п.)	Это приспособление позволяет исполнителю находиться при проколе вне туннеля или колодца
	В качестве заземлителя для прокалывающих и заземляющих приспособлений может быть использована броня кабеля	Присоединение к броне заземляющей проводки производится с помощью хомута на болтах
	Кабельная масса для заливки должна разогреваться в специальной железной кастрюле с крышкой и носиком Разогревать, снимать с огня и переносить ковш или котелок с припоем, а также кастрюлю с массой можно только в удлиненных брезентовых рукавицах и защитных очках Перемешивать расплавленную массу необходимо металлической мешалкой, а снимать нагар с припоя — металлической ложкой	Запрещается разогревать нескрытые банки с кабельной массой. Кабельную массу вынимают из банки подогретым ножом (в теплое время года) или откалывают молотком (в холодное время года) Запрещается передавать котелок или ковш с припоем либо кастрюлю с массой из рук в руки. При передаче необходимо их ставить на землю Мешалка и ложка перед применением должны быть подогреты

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Перекатка барабанов и прокладка кабелей	При перекатке барабана с кабелем должны быть приняты меры против захвата его выступающими частями одежды рабочих При прокладке кабеля не разрешается рабочим стоять внутри углов поворота, а также поддерживать кабель вручную на поворотах трассы Перемещение и сдвиг кабелей, а также переноска муфт могут производиться только после отключения кабеля	Допускается перекачивать только по горизонтальной поверхности по твердому грунту или прочному настилу На поворотах трассы должны быть установлены угловые ролики Допускается перемещение и сдвиг кабелей, находящихся под напряжением, при выполнении условий, перечисленных на с. 72
Работа в колодцах и туннелях	Перед началом осмотра или работы в колодцах и туннелях, не имеющих приточно-вытяжной вентиляции, необходимо проверить отсутствие горючих и вредных для дыхания газов Разжигание паяльных ламп, установка баллонов с пропан-бутаном, разогрев мастики и припоя должны производиться только вне колодца Для освещения рабочих мест необходимо использовать светильники напряжением 12 В	Смесь воздуха с газом в колодцах и туннелях взрывоопасна, поэтому воспрещается пользоваться для открывания колодца стальным ломом, кувалдой или другими предметами, могущими вызвать искру Опускать в колодцы расплавленный припой и разогретую мастику можно только в специальных ковшах и закрытых кастрюлях, подвешенных с помощью карабина к металлическому тросику Применяют также аккумуляторные фонари во взрывозащищенном исполнении

Примечание. При обнаружении во время земляных работ кабелей и других сооружений, не отмеченных на планах и схемах, работы должны быть приостановлены. Они могут быть продолжены лишь после выяснения характера обнаруженных сооружений и получения разрешения на продолжение работ.

Перемещение кабелей, находящихся под напряжением. При выполнении этих работ необходимо соблюдать следующие меры предосторожности: перемещаемый кабель должен иметь температуру не ниже 5 °С; муфты, находящиеся на перемещаемом участке кабеля, должны быть предварительно укреплены хомутами на досках так, чтобы исключалась возможность смещения муфт и изгиба или натяжки кабеля около муфт; работу надо выполнять с помощью специальных клещей в диэлектрических перчатках, поверх которых надевают брезентовые рукавицы для защиты их от механических повреждений. Рукавицы должны быть короче диэлектрических перчаток. Работа должна проводиться по наряду рабочими, имеющими опыт по прокладке кабелей. Руководитель работ должен иметь V квалификационную группу, а при прокладке кабелей напряжением до 1000 В — не ниже IV.

ГЛАВА IV. ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

§ 21. Термины и определения

Воздушной линией электропередачи (ВЛ) называется устройство для передачи и распределения электроэнергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным изоляторами и арматурой к опорам или кронштейнам инженерных сооружений (мостов, путепроводов и т. п.).

Ответвление от ВЛ к вводу — это участок проводов от опоры ВЛ до ввода.

Нормальный режим ВЛ — работа при необорванных проводах и тросах.

Аварийный режим ВЛ — состояние при оборванных проводах или тросах.

Монтажный режим ВЛ — состояние при монтаже опор, проводов или тросов.

Стрелой провеса провода называется расстояние по вертикали от низшей точки провода до прямой линии, соединяющей точки подвеса провода на соседних опорах.

Анкерными называются опоры, устанавливаемые на пересечении с различными сооружениями и в местах изменения количества, марок и сечений проводов (они должны иметь жесткую конструкцию и воспринимать в нормальном режиме усилия от разности тяжения проводов вдоль ВЛ).

Промежуточными называются опоры, устанавливаемые на прямых участках трассы (они не должны воспринимать усилий, направленных вдоль ВЛ).

Угловыми называются опоры, устанавливаемые в местах изменения направления трассы (они должны в нормальном режиме воспринимать слагающую сил тяжения проводов смежных пролетов).

Концевыми называются опоры, устанавливаемые по концам ВЛ. Они являются разновидностью анкерных опор и должны в нормальном режиме воспринимать одностороннее тяжение проводов.

Ответвительными и перекрестными называются опоры, на которых выполняются ответвления от ВЛ и пересечения ВЛ двух направлений. Ответвительные и перекрестные опоры могут быть всех указанных выше типов.

Населенная местность — земли городов в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов.

Ненаселенная местность — земли единого государственного фонда, за исключением населенной и труднодоступной местности; незастроенная местность, хотя бы и часто посещаемая людьми, доступная для транспорта и сельскохозяйственных машин, огороды, сады, местность с отдельными редко стоящими строениями и временными сооружениями.

Труднодоступная местность — местность, не доступная для транспорта и сельскохозяйственных машин.

§ 22. Приемка в эксплуатацию ВЛ

При приемке в эксплуатацию ВЛ надо следить за тем, чтобы опоры в местах, где есть опасность, были защищены от наезда транспорта (например, отбойными тумбами).

Запрещается соединение проводов и тросов в пролетах. Как исключение, допускается устанавливать не более одного соединителя на каждом проводе сечением не менее 240 мм².

При приемке в эксплуатацию воздушных линий напряжением до 1000 и выше 1000 В необходимо соблюдать требования, приведенные в табл. 72—78.

Таблица 72. Требования к ВЛ напряжением до 1000 В

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Сечение проводов по условиям механической прочности	Минимальные сечения, мм ² , проводов должны быть: алюминиевых — 16; сталеалюминиевых и биметаллических — 10, стальных многопроволочных — 25; диаметр (однопроволочных проводов) — 4 мм	Применение расплетенных однопроволочных стальных проводов диаметром более 5 мм и однопроволочных биметаллических диаметром более 6,5 мм запрещено
Соединение проводов	Соединение проводов разных сечений или из различных металлов следует выполнять специальными переходными зажимами и только на опорах	Соединительные зажимы должны быть заводского изготовления
ВЛ над зданиями	Прохождение ВЛ над зданиями запрещено	Как исключение, допускается подход ответвлений от ВЛ к вводам в здания
Металлические конструкции на опорах ВЛ	Должны быть защищены от коррозии	Бандажи также должны быть защищены от коррозии

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Заземление	В сетях с изолированной нейтралью крюки и штыри фазных проводов на железобетонных опорах и арматура опор должны быть заземлены. В сетях с заземленной нейтралью эти элементы должны быть соединены с нулевым заземленным проводом Крюки и штыри на деревянных опорах не заземляют	Сопротивление заземления не должно превышать 50 Ом. Заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть диаметром не менее 6 мм На опорах, где есть повторное заземление нулевого провода (см. также ПУЭ п. II-4-26), крюки и штыри заземляют
Бандажи на опорах	Бандажи надо выполнять из мягкой оцинкованной проволоки диаметром 4 мм и более	Можно применять не-оцинкованную проволоку диаметром 5—6 мм с покрытием ее асфальтовым лаком
Количество витков бандажа	Количество витков бандажа зависит от диаметра проволоки: при 4 мм — 12, при 5 мм — 10, при 6 мм — 8	Требование соблюдается при отсутствии особых указаний в проекте
Знаки на опорах	Должны быть установлены (нанесены) порядковый номер и год установки опоры	Знаки устанавливают на высоте 2,5—3 м
Расположение проводов на опорах	Возможно любое расположение фазных проводов. Нулевой провод располагают, как правило, ниже фазных	Провода освещения, прокладываемые совместно с ВЛ, располагают, как правило, над нулевым проводом
Совместная подвеска	Подвеска допускается на опорах ВЛ до 380 В изолированных проводов радиотрансляционных сетей (РС) напряжением до 360 В, располагаемых ниже проводов ВЛ	Запрещается совместная подвеска проводов ВЛ и линий связи и сигнализации ЛС

Таблица 73. Наименьшие сечения или диаметры проводов ответвлений от ВЛ напряжением до 1000 В к вводам

Материал провода	Сечение или диаметр провода в пролете, м	
	до 10	от 10 до 25
Медь	4 мм ²	6 мм ²
Сталь	3 мм	4 мм
Биметалл	3 мм	4 мм
Алюминий и его сплавы	16 мм ²	16 мм ²
Самонесущие провода АВТ-1, АВТ-2 и др.	4 мм ²	6 мм ²

Таблица 74. Минимальные расстояния от проводов ВЛ напряжением до 1000 В до разных объектов при наибольшей стреле провеса

Объект	Расстояние, м
Поверхность земли	6
То же, в труднодоступной местности . .	3,5
То же, в недоступной местности (горы, скалы)	1
Наивысший уровень воды несудоходных и замерзающих небольших рек, каналов и т. п.	2
Лед	6
Провода радиотрансляционных сетей:	
на опоре	1,5
в пролете	1,25
Балконы, террасы и окна	1,5) (по горизонтали
Глухие стены	1) при наибольшем отклонении проводов)
Линия связи и сигнализации	2 (по горизонтали при сближении)

Таблица 75. Требования к ВЛ напряжением выше 1000 В

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Заземление	Должны быть заземлены: опоры с грозозащитным тросом или другой грозозащитой;	Сопротивления заземления должны быть не более указанных в табл. 76

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Сечение каждого заземляющего спуска на опоре Соединения проводов и тросов Двойное крепление проводов Охранная зона в ненаселенной местности	железобетонные и металлические опоры ВЛ напряжением 3—35 кВ; опоры, на которых стоят силовые или измерительные трансформаторы, разъединители и другие аппараты Сечение должно быть не менее 35 мм², а диаметр (для однопроволочного) — не менее 10 мм Следует выполнять соединительными зажимами, сваркой или обоими способами одновременно Прочность заделки должна быть не менее 90 % прочности провода (троса) Крепление должно быть на ВЛ со штыревыми изоляторами в населенной местности и на пересечениях с сооружениями Расстояния, м, по горизонтали от крайних проводов ВЛ до выступающих частей отдельных зданий и сооружений должны быть не менее: 10 — для ВЛ до 20 кВ, 15 — для ВЛ 35 кВ	Сопротивления заземления должны быть: для ВЛ 3—20 кВ в населенной местности и для всех ВЛ 35 кВ — не более указанных в табл. 76; для ВЛ 3—20 кВ в ненаселенной местности в грунтах с удельным сопротивлением ρ до 100 Ом·м — не более 30 Ом, в грунтах с ρ более 100 Ом·м — не выше 0,3 ρ Ом — Допустимы стальные оцинкованные однопроволочные спуски диаметром не менее 6 мм В одном пролете допустимо не более одного соединения на каждый провод и трос Подробнее см. ПУЭ пп. II-5-119—II-5-171 Как исключение, допустимо уменьшение этих расстояний, но не менее, чем указано в ПУЭ п. II-5-115

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Постоянные знаки на опорах	Должны быть нанесены на высоте 2,5—3 м: порядковый номер опоры; предупредительные плакаты (на всех опорах в населенной местности); номер ВЛ или ее условное обозначение (на концевых опорах, первых опорах ответвлений, в месте пересечения линий); расцветка фаз — на ВЛ 35 кВ и выше на концевых опорах, смежных с транспозиционными, и первых опорах ответвлений	Подробнее см. ПУЭ п. II-5-15
ВЛ над зданиями и сооружениями	Прохождение ВЛ над указанными объектами запрещается Металлические крыши зданий должны быть заземлены	Исключение составляют производственные здания и сооружения из негорючих материалов Сопротивление заземления крыш должно быть не более указанного в табл. 76
ВЛ над стадионами и детскими учреждениями	Прохождение ВЛ над указанными территориями запрещается	—
Совместная подвеска	Подвеска проводов ВЛ и проводов ЛС и РС на общих опорах запрещается	—

Примечание. Расстояния по горизонтали, м, от крайних проводов ВЛ (при их наибольшем отклонении) до выступающих частей зданий и сооружений должны быть не менее: 2 — для ВЛ до 20 кВ, 4 — для ВЛ 35—110 кВ. Сближение ВЛ со зданиями и сооружениями с взрыво- и пожароопасными помещениями и установками должно выполняться с учетом ПУЭ п. II-5-163.

**Т а б л и ц а 76. Наибольшие сопротивления
заземляющих устройств опор ВЛ выше 1000 В**

Удельное эквивалентное сопротивление земли ρ , Ом·м	До 100	От 100 до 500	От 500 до 1000	От 1000 до 5000	Более 5000
Наибольшее сопротивление заземляющего устройства, Ом	10	15	20	30	$6 \cdot 10^{-3} \rho$

П р и м е ч а н и я: 1. Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивления заземления должны быть в два раза меньше указанных в этой таблице. 2. Для ВЛ с тросами сопротивления заземлений, выполняемых по условиям грозозащиты, должны обеспечиваться при отсоединенном тросе, а по другим условиям — при присоединенном тросе.

Т а б л и ц а 77. Минимальное расстояние от проводов ВЛ напряжением до 110 кВ до поверхности земли

Местность	Расстояние, м
Ненаселенная	6
Труднодоступная	5
Недоступная (горы, скалы)	3
Тундра, степи, не пригодные для земледелия, пустыни	6

Наименьшие расстояния от проводов ВЛ напряжением до 35 кВ на населенной местности должны быть: при нормальном режиме — 7 м до земли и 3 м до зданий, сооружений, а при обрыве провода в соседнем пролете — 4,5 м до земли.

Т а б л и ц а 78. Минимальные расстояния от проводов ВЛ напряжением до 110 кВ до поверхности воды, судов и сплава

Объект	Расстояние, м
Наивысший уровень судоходных рек, каналов и т. п. при высшей температуре	6
Суда или сплав при наивысшем уровне вод и высшей температуре	2
Высший уровень вод несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре 15 °С	3
Уровень льда несудоходных рек, каналов и т. п. при температуре —5 °С и гололеде	6

§ 23. Надзор и уход за ВЛ напряжением до 1000 В

Т а б л и ц а 79. Разные требозания

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Осмотр ВЛ	Должен производиться электромонтером 1 раз в месяц	Выполняется в дневное время
Контрольный осмотр ВЛ	Должен производиться инженерно-техническим персоналом 1 раз в год	Выполняется для более квалифицированной оценки состояния ВЛ и работы монтеров
Проверка железобетонных опор и пасынков	Должна производиться 1 раз в 6 лет (на наличие трещин), начиная с 4-го года эксплуатации	Производится выборочная откопка грунта вокруг опор на глубину 0,5 м
Проверка загнивания деталей деревянных опор	Следует производить 1 раз в 3 года	Древесину, скрытую в грунте, надо откопать на глубину 0,3—0,5 м. Опору, прогнившую на глубину более 3 см, следует заменить
Измерение стрел провеса и расстояния между проводами и различными объектами	Производят при подозрении о несоблюдении норм	Используют геодезические приборы (теодолит и др.), позволяющие выполнять измерения, не приближаясь к ВЛ
Измерения сопротивления заземления опор	Должны производиться в 1-й год эксплуатации и в дальнейшем — 1 раз в 3 года	Сопротивление заземления должно быть не более 50 Ом
Проверка и подтяжка болтов, гаек и бандажей	Следует производить в первые 2 года ежегодно, в дальнейшем — по мере необходимости	Наибольшее ослабление болтов, гаек и бандажей наблюдается в начале эксплуатации
Внеочередные осмотры ВЛ	Надо производить после аварий, стихийных бедствий, во время ледоходов, при гололеде, морозе ниже -40°C и т. п.	При необходимости используют автомашины, вертолеты и т. п.
Ремонт	Сроки и объемы работ по капитальному и текущему ремонту ВЛ устанавливают на основании осмотров, измерений и испытаний	В состав работ по капитальному ремонту входят: смена опор, пасынков, траверс и проводов; по текущему ремонту — выправка опор, подтяжка и смена бандажей, подтяжка и регулировка провеса проводов, смена изоляторов и др.

Содержание периодических осмотров ВЛ до 1000 В. При осмотрах линий и вводов монтер должен обращать внимание на следующее:

- наличие ожогов, трещин и боя изоляторов, обрывов и оплавления жил проводов, целостность вязок, регулировку проводов;
- состояние опор и крен их вдоль и поперек линии, целостность бандажей и заземляющих устройств;
- состояние соединений, наличие набросов и касание проводов деревьями;
- состояние вводных ответвлений и предохранителей;
- состояние кабельных воронок и спусков.

§ 24. Надзор и уход за ВЛ напряжением выше 1000 В

Т а б л и ц а 80. Разные требования

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Расчистка трассы ВЛ от поросли	Расчистку следует делать периодически. Предприятие, эксплуатирующее ВЛ, обязано поддерживать ширину просек в установленном размере и вырубать отдельные деревья, угрожающие падением на ВЛ	Ширина просек должна быть не менее: в насаждениях высотой до 4 м — расстояния между крайними проводами плюс 6 м; в насаждениях высотой более 4 м — расстояния между крайними проводами плюс удвоенная высота основного лесного массива.
Надзор за проводами и тросами	При обрыве на проводе (тросе) жил общим сечением до 17 % всего сечения провода (троса) следует установить в месте обрыва ремонтную муфту или бандаж. При большем сечении оборванных жил провод (трос) должен быть разрезан и соединен специальным зажимом	Во фруктовых садах с деревьями не выше 4 м вырубка просек не обязательна На сталеалюминиевых проводах можно устанавливать муфты при обрыве жил общим сечением до 34 % сечения алюминиевой части провода
Чистка изоляторов	На участках, подверженных усиленному загрязнению, должна производиться по графику, утвержденному лицом, ответственным за электрохозяйство	Усиленное загрязнение изоляции может быть, например, на участках ВЛ, проходящих вблизи заводов, выделяющих пыль, дым, пары, газы

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Окраска опор	Металлические опоры и металлические детали железобетонных и деревянных опор необходимо периодически покрывать красками, устойчивыми к атмосферным воздействиям	Подножки опор следует покрывать кузбасским лаком или битумом.
Борьба с гололедом	На ВЛ, проходящих в IV и особо гололедном районах, а также на участках ВЛ (II и III районов с сильными ветрами), на которых часто образуется гололед или изморозь, должна осуществляться плавка гололеда электрическим током	По гололеду СССР разбит на 5 районов (I, II, III, IV и особый, см. ПУЭ). Отнесение к гололедному району зависит от нормативной толщины стенки гололеда и повторяемости его образования по времени Выбор метода плавки определяется условиями работы линии (схема сети, нагрузка потребителей, зона гололедообразования, возможность отключения линии и т. п.)

Периодичность осмотров, проверок и измерений на ВЛ напряжением выше 1000 В. Производят следующие осмотры ВЛ: напряжением до 20 кВ — в дневное время не реже 1 раза в месяц; мастерами на линии — 1 раз в год (по графику); инженерно-техническим персоналом — не реже 1 раза в год; верховые осмотры ВЛ напряжением до 220 кВ без снятия напряжения — не реже 1 раза в 3 года, начиная с первого года эксплуатации; внешний осмотр опор ВЛ — по мере надобности (по местным инструкциям); внеочередные осмотры — после нарушения нормального режима работы (после гололеда, тумана на участках, подверженных сильному загрязнению), а также автоматического отключения ВЛ.

Периодичность проверок ВЛ следующая: состояния деревянных опор с измерением глубины их загнивания (опоры из сосновой древесины II сорта) — 1 раз в 3 года; коррозия металлических опор и металлических траверс железобетонных опор — 1 раз в 3 года; коррозии металлических подножников со вскрытием грунта (выборочно) — 1 раз в 6 лет; трубчатых разрядников со снятием их с опор — 1 раз в первые 2 года эксплуатации и далее 1 раз в 3 года; трещин (раскрытием) в железобетонных опорах и пасынках — 1 раз в 6 лет, начиная с 3-го года эксплуатации; болтовых соединений и гаек анкерных болтов (с подтяжкой) — 1 раз в год в первые 2 года эксплуатации; болтовых и плашечных переходных зажимов соединения проводов — не реже 1 раза в год; расстояния (габаритов) от проводов до земли — при приемке ВЛ в эксплуатацию и далее по

мере надобности, от проводов до пересекаемых сооружений в местах пересечения — при приемке ВЛ в эксплуатацию и реконструкции пересекаемых сооружений.

Измерение электрической прочности фарфоровых изоляторов на-тяжных и подвесных гирлянд на ВЛ напряжением до 35 кВ включительно производят в первый год эксплуатации и далее не реже 1 раза в 6 лет.

Содержание осмотра инженерно-техническими работниками ВЛ напряжением выше 1000 В. При осмотре ВЛ необходимо обращать внимание на: обрывы и оплавления жил проводов; набросы посторонних предметов на провода и тросы; бой, ожоги и трещины изоляторов; состояние опор, наклоны (допустимые отклонения опор приведены в табл. 81), целость бандажей и заземляющих спусков; искрение и разрегулировку проводов; состояние соединений разрядников, коммутационной аппаратуры и кабельных муфт на спусках; состояние предостерегающих плакатов и других постоянных знаков на опорах; наличие болтов и гаек, целость отдельных элементов, сварных швов и заклепочных соединений на металлических опорах; состояние стоек железобетонных опор и пасынков; чистоту трассы (деревья, касающиеся проводов и угрожающие падением на ВЛ; посторонние предметы, строения и т. п.); производство без согласования строительных и других работ в охранной зоне.

Дефекты, выявленные во время обхода, отмечают в листке обхода и в случаях их аварийного характера немедленно устраняют.

Т а б л и ц а 81. Допустимые отклонения опор ВЛ выше 1000 В от нормального положения

Отклонение	Предельная величина
Опор от вертикальной оси вдоль и поперек линии (отношение величины отклонения верха опоры к ее высоте):	
металлических	1:200
железобетонных одностоечных	1:150
деревянных	1:100
Траверы (разворот относительно оси линии для деревянных опор)	5°

Г Л А В А V. СИЛОВОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

§ 25. Термины и определения

Электрооборудование в зависимости от исполнения подразделяется на следующие виды (ГОСТ 18311—72):

общего назначения — выполненное без учета специфических требований, характерных для определенной отрасли народного хозяйства или для определенного назначения;

специальное — выполненное с учетом требований, специфических для определенной отрасли народного хозяйства или для определенного назначения (влагостойкое, химически стойкое и др.);

открытое — не защищенное от прикосновения к его движущимся и токоведущим частям и от попадания внутрь его посторонних предметов;

влагостойкое — предназначенное для эксплуатации в условиях повышенной влажности окружающей среды;

химически стойкое — предназначенное для эксплуатации в условиях химически агрессивной среды;

закрытое — выполненное так, что сообщение между внутренним пространством и окружающей средой возможно только через неплотности соединений между его частями или через отдельные небольшие отверстия;

герметичное — выполненное так, что сообщение между его внутренним пространством и окружающей средой исключено;

взрывозащищенное — в конструкции которого предусмотрены меры для устранения или затруднения возможности воспламенения окружающей взрывоопасной среды;

наружной установки — предназначенное для работы вне закрытых помещений или сооружений;

внутренней установки — предназначенное для работы в закрытых помещениях или сооружениях.

Нагрузка электротехнического устройства — это объект, получающий электроэнергию, или параметры, характеризующие эту энергию (мощность, ток, сопротивление).

Для работы электротехнических устройств характерны следующие режимы:

нормальный — при котором параметры устройства не выходят за пределы, допустимые при заданных условиях эксплуатации;

холостого хода (х. х.) — при котором отсутствует нагрузка;

короткого замыкания (к. з.) — при котором сопротивление электрической нагрузки равно нулю или включенный электродвигатель не вращается из-за большого тормозящего момента;

номинальный — при котором параметры номинальны;

продолжительный (S_1) — при котором работа с неизменной нагрузкой продолжается не менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры при постоянной температуре охлаждающей среды;

кратковременный (S_2) — при котором работа с неизменной нагрузкой, продолжающаяся менее, чем необходимо для достижения устройством установившейся температуры при неизменной температуре охлаждающей среды, чередуется с отключениями, во время которых устройство охлаждается до температуры охлаждающей среды;

прерывисто-продолжительный — при котором продолжительный режим работы чередуется с отключениями;

повторно-кратковременный (S_3) — при котором работа с неизменной нагрузкой, продолжающаяся менее, чем необходимо для достижения установившейся температуры при неизменной температуре охлаждающей среды, чередуется с отключениями, во время которых устройство не успевает охладиться до температуры охлаждающей среды.

Продолжительность включения (ПВ) — это отношение (в процентах) времени пребывания во включенном состоянии устройства, работающего в повторно-кратковременном режиме, к длительности цикла. Для повторно-кратковременного номинального режима $PB = \frac{N \cdot 100}{N + R} \%$, где N — время работы; R — пауза. Пусковые потери в этом режиме практически не оказывают влияния на превышение температуры частей электромашины.

Для повторно-кратковременного номинального режима с частыми пусками $PB = \frac{(D + N) \cdot 100}{N + R} \%$, где D — время пуска.

Обозначение степени защиты электрооборудования (ГОСТ

14254—80). Степень защиты электрооборудования обозначают буквами IP и двумя цифрами после букв. Первая цифра означает степень защиты персонала от прикосновения с находящимися под напряжением и движущимися частями, расположенными внутри оболочки устройства, и степень защиты от попадания внутрь твердых посторонних тел, вторая цифра — степень защиты от попадания воды. Если требуется указать степень защиты только с одной цифрой, то пропущенная цифра заменяется буквой X, например: IPX5; IP2X. Расшифровка цифрового обозначения приведена в табл. 82.

Т а б л и ц а 82. Обозначение степеней защиты электрооборудования

Степень защиты от твердых тел	Первая цифра	Степень защиты от воды	Вторая цифра
Отсутствие защиты	0	Отсутствие защиты	0
От тел размером, мм:		От капель, падающих вертикально	1
более 50	1	От капель при наклоне 15° от вертикали . .	2
» 12	2	От дождя (при наклоне не более 60° от вертикали)	3
» 2,5	3	От брызг (в любом направлении)	4
» 1	4	От струй (в любом направлении)	5
От пыли:		От волн	6
неполная защита	5	При погружении в воду:	
полная защита (пыленепроницаемость)	6	недлительном	7
		длительном	8

Т а б л и ц а 83. Характеристика климатических районов и обозначение климатических исполнений

Климат района	Обозначение климатического исполнения	
	русское	латинское
Умеренный	У	N
Умеренный и холодный	УХЛ	NF
Влажный тропический	ТВ	TH
Сухой тропический	ТС	TA
Сухой и влажный тропический	Т	T
Любой на суше	О	U
Умеренно холодный морской	М	M
Тропический морской	ТМ	MT
Умеренный и тропический морской	ОМ	TU
Любой на суше и море	В	W

Исполнения электромашин и аппаратов (изделий) для различных климатических районов и категорий размещения (ГОСТ 15150—69). Изделия предназначаются для эксплуатации в одном или нескольких климатических районах, поэтому изготавливаются в различных климатических исполнениях (табл. 83). Категории размещения (категории изделия) и их обозначение приведены в табл. 84.

Т а б л и ц а 84. Категории размещения (категории изделия) и их обозначение

Категория изделия для работы в различных условиях	Обозначение
На открытом воздухе	1
Под навесом или в помещении, где колебания температуры и влажности воздуха близки к открытому воздуху	2
В закрытых помещениях с естественной вентиляцией, где колебания температуры, влажность воздуха и воздействие песка и пыли существенно меньше, чем на открытом воздухе	3
В помещениях с искусственно регулируемым климатическими условиями (отапливаемые, охлаждаемые, вентилируемые и т. п.)	4
В помещениях с повышенной влажностью (подвалы, шахты и т. п.)	5

Примечание. В обозначение типа изделия после его модификации вводят буквы и цифры, указывающие климатическое исполнение. Например, двигатель АО2-21-4 в исполнении Т для категории размещения 2 обозначают: АО2-21-4Т2.

§ 26. Выбор электродвигателей и обозначение выводов обмоток

При выборе исполнения электродвигателей следует учитывать условия среды (см. табл. 84), в которой им надлежит работать.

Асинхронные электродвигатели единой серии А2 и АО2. Обозначение этих двигателей мощностью от 0,6 до 100 кВт приведено в табл. 85.

Т а б л и ц а 85. Обозначение асинхронных электродвигателей единой серии А2 и АО2

Род защиты	Модификация	Индекс модификации	Основное обозначение
Защищенные	Общего применения	—	А2
	С повышенным пусковым моментом	П	АП2
	С повышенным скольжением	С	АС2
	В алюминиевом корпусе	Л	АЛ2
	С фазным ротором	К	АК2

Род защиты	Модификация	Индекс модификации	Основное обозначение
Закрытые обдуваемые	Общего применения	—	АО2
	С повышенным пусковым моментом	П	АОП2
	С повышенным скольжением	С	АОС2
	В алюминиевом корпусе	Л	АОЛ2
	С фазным ротором	К	АОК2
	Для текстильной промышленности	Т	АОТ2

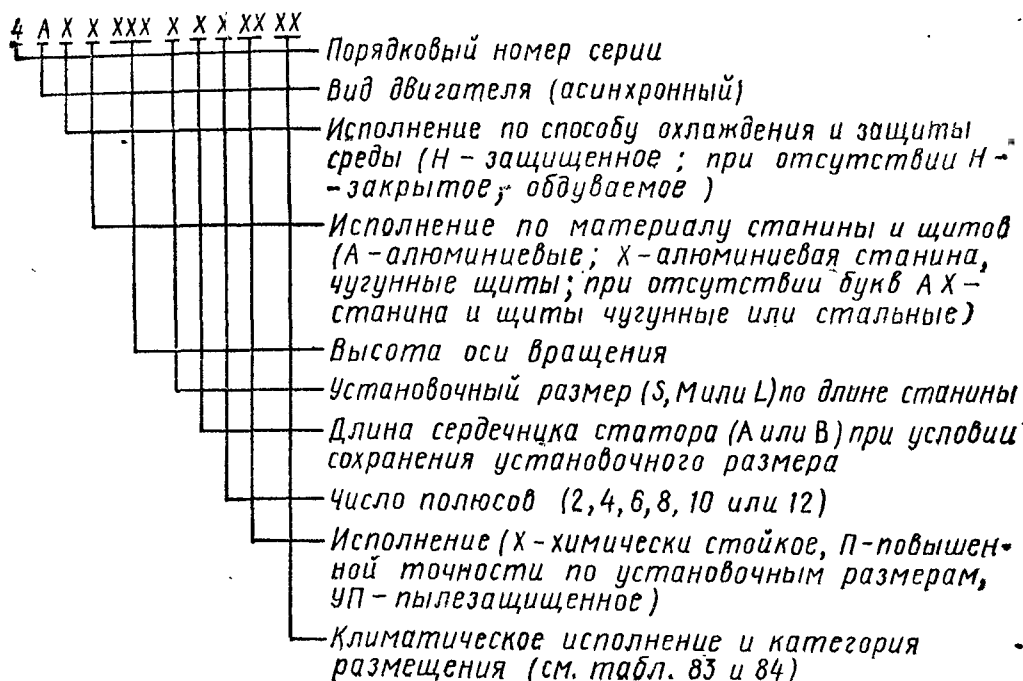
Примечания: 1. Цифры, идущие после основного обозначения через черточку, означают: первая — габарит по диаметру статора; вторая — порядковый номер длины статора. После этих цифр через черточку обычно указано число полюсов. Например, АОП2-42-6 означает: двигатель закрытый обдуваемый с короткозамкнутым ротором (поскольку нет буквы К), с повышенным пусковым моментом, 4-й габарит, второй номер длины статора, число полюсов 6. 2. Для двигателей специальных исполнений в конце полного обозначения добавляют буквы, указывающие исполнение: Т — тропическое, Х — химическое, В — влагохолодостойкое, Ш — малoshумное.

Асинхронные электродвигатели общего назначения единой серии 4А мощностью до 315 кВт. Двигатели основного исполнения предназначены для привода механизмов, не требующих особых электрических характеристик и степени защиты от окружающей среды. Напряжение, число вводов обмоток и схема соединения этих двигателей в зависимости от мощности приведены в табл. 86.

Таблица 86. Мощность, напряжение и число вводов обмоток

Мощность электродвигателя, кВт	Напряжение, В	Схема соединения	Число вводных концов
0,06—0,37 0,55—11	220, 380 220, 380 и 660	Δ или Y	3
15—110	220/380, 380/660	Δ/Y	6
132—315	380/660		

Структура обозначения типоразмера двигателя



Примеры обозначения модификации двигателей основного исполнения — 4А80А2УЗ; 4АН280S6УЗ. Цифры и буквы в обозначении означают следующее: 4 — номер серии; А — асинхронный, степень защиты IP44; АН — асинхронный, степень защиты IP23; 80, 280 — высоту оси вращения, мм; А или В — длину сердечника статора (при сохранении установочного размера); S — установочный размер по длине станины; 2, 6 — число полюсов; У — исполнение для умеренного климата; 3 — категорию размещения.

Трехфазные асинхронные двигатели серии АЗ (с короткозамкнутым ротором) и АКЗ (с фазным ротором) (ГОСТ 23131—78). Двигатели изготавливают защищенного исполнения на частоту тока 50 Гц. Частота вращения двигателей — 500, 600, 750, 1000, 1500, 2200 и 3000 об/мин. Мощности и напряжения электродвигателей АЗ и АКЗ приведены в табл. 87.

Таблица 87. Мощности и напряжения двигателей АЗ и АКЗ

Мощность, кВт	Напряжение, В
До 7,5	110 и 220
Выше 7,5	220 и 440

Примечание. В комплект двигателя АКЗ должны входить 12 щеток.

Примеры обозначения двигателей: трехфазного асинхронного с короткозамкнутым ротором защищенного исполнения, 3-й серии, с высотой оси вращения 315 мм, с установочным размером по длине станины S, двухполюсного, климатического исполнения У, категории размещения 3—АЗ-315S-2У3 ГОСТ 23131—78; то же, с фазным ротором, с установочным размером по длине станины М, четырехполюсного — АКЗ-315М-4У3 ГОСТ 23131—78.

Машины постоянного тока серии 2П мощностью до 200 кВт (ГОСТ 20529—75). Эти машины изготавливают климатического исполнения У, категории размещения 4. Частота вращения двигателей — 500, 600, 750, 1000, 1500, 2200 и 3000 об/мин; генераторов — 1003, 1500 и 3000 об/мин. Мощности и напряжения машин серии 2П приведены в табл. 88, а обозначения их исполнения — в табл. 89.

Т а б л и ц а 88. Мощности и напряжения машин постоянного тока серии 2П

Электрическая машина	Мощность, кВт	Напряжение, В
Двигатель	До 7,5 Выше 7,5	110 и 220 220 и 440
Генератор	До 7,5 Выше 7,5	115 и 230 230 и 460

Т а б л и ц а 89. Обозначение исполнения машин в зависимости от высоты оси вращения и защиты от окружающей среды и охлаждения

Высота оси вращения, мм	Исполнение защиты и охлаждения	Обозначение исполнения
90—315	Защищенное с самовентиляцией	Н
132—315	Защищенное с независимой вентиляцией от постороннего вентилятора	Ф
132—200	Закрытое, обдуваемое от постороннего вентилятора	О
90—315	Закрытое с естественным охлаждением	Б

Примеры обозначения двигателей: серии 2П, защищенного исполнения с самовентиляцией, с высотой оси вращения 200 мм, со второй длиной L сердечника статора, климатического исполнения У, категории размещения 4 — 2ПН200LU4 ГОСТ 20529—75; то же, с тахогенератором — 2ПН200LGУ4.

Обозначения выводов обмоток электрических машин (ГОСТ 183—74) приведены в табл. 90—95.

Т а б л и ц а 90. Трехфазные машины переменного тока

Вид и схема соединений обмоток	Число выводов	Название вывода	Обозначение выводов	
			нача- ло	конец
Статора: открытая	6	Первая фаза Вторая » Третья »	C1 C2 C3	C4 C5 C6
звездой	3 или 4	Первая » Вторая » Третья » Нулевая точка	C1 C2 C3 0	
треугольником	3	Первый зажим Второй » Третий »	C1 C2 C3	
Ротора: с выводом нуле- вой точки	4	Первая фаза Вторая » Третья » Нулевая точка	P1 P2 P3 0	
без вывода нуле- вой точки	3	Первая фаза Вторая » Третья »	P1 P2 P3	
Возбуждения (ин- дуктора) синхрон- ных машин	2	—	И1	И2

Т а б л и ц а 91. Однофазные машины переменного тока

Выводы обмотки	Число выводов	Обозначение вывода	
		начало	конец
Статора синхронных машин	2	C1	C2
Статора асинхронных машин: главная	2	C1	C2
вспомогательная	2	B1	B2
Возбуждения (индуктора) синхрон- ных машин	2	И1	И2

В малых асинхронных машинах допускается обозначение выводов обмоток разноцветными проводами (табл. 92—95).

Т а б л и ц а 92. Малые трехфазные асинхронные машины

Схема соединения обмоток	Число выводов	Название вывода	Цвет вывода обмотки	
			начало	конец
Открытая	6	Первая фаза	Желтый	Желтый с черным
		Вторая »	Зеленый	Зеленый с черным
		Третья »	Красный	Красный с черным
Звездой	3 или 4	Первая »	Желтый	—
		Вторая »	Зеленый	—
		Третья »	Красный	—
		Нулевая точка	Черный	—
Треугольником	3	Первый зажим	Желтый	—
		Второй зажим	Зеленый	—
		Третий зажим	Красный	—

Т а б л и ц а 93. Малые однофазные асинхронные машины

Выводы обмоток	Число выводов	Цвет вывода обмотки	
		начало	конец
Главной Вспомогательной	4	Красный Синий	Красный с черным Синий с черным
Главной Вспомогательной Общая точка	3	Красный Синий Черный	— — —

Т а б л и ц а 94. Малые коллекторные машины переменного и постоянного тока

Выводы обмотки	Цвет вывода обмотки		
	начало	конец	дополнительного вывода
Якоря	Белый	Белый с черным	—
Последовательной возбуждения	Красный	Красный с черным	Красный с желтым
Вторая группа катушек последовательной обмотки возбуждения (при наличии двух групп или двух отдельных катушек)	Синий	Синий с черным	Синий с желтым

Выходы обмотки	Цвет вывода обмотки		
	начало	конец	дополнительного вывода
Параллельной возбуждения	Зеленый	Зеленый	—
Вторая группа катушек параллельной обмотки возбуждения (при наличии двух групп или двух отдельных катушек)	Желтый	Зеленый с черным Желтый с черным	—

Схемы расположения выводов трехфазной обмотки статора при шести выводах показаны на рис. 3.

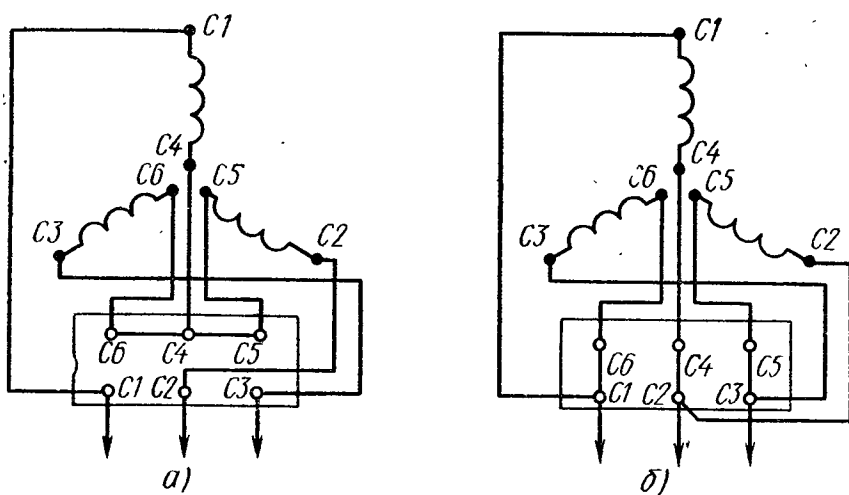


Рис. 3. Схемы соединения выводов трехфазных обмоток:
а — звездой, б — треугольником

Таблица 95. Машины постоянного тока

Выходы обмотки	Обозначение выводов	
	начало	конец
Якоря	Я1	Я2
Компенсационной	К2	К2
Добавочных полюсов	Д1	Д2
Последовательной (сериесной) возбуждения	С1	С2
Независимой возбуждения	Н1	Н2
Параллельной (шунтовой) возбуждения	Ш1	Ш2
Пусковой	П1	П2
Уравнительного провода и уравнительной	У1	У2
Особого назначения	О1; О3	О2; О4

§ 27. Приемка в эксплуатацию электродвигателей

Т а б л и ц а 96. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Указатели и надписи	На электродвигателях и приводимых ими механизмах должны быть нанесены стрелки направления вращения На пускорегулирующих устройствах должны быть отмечены положения «Пуск» и «Стоп» Выключатели, контакторы, магнитные пускатели, рубильники и предохранители должны иметь надписи, указывающие, к какому электродвигателю они относятся	Стрелки указывают правильное направление вращения приводимых механизмов Указатели нужны во избежание ошибок при включении и отключении электродвигателей Надписи на аппаратуре необходимы во избежание ошибок при эксплуатации и ремонте электродвигателей
Ограждения	Ограждениями должны быть закрыты выводы обмоток статора и ротора и кабельные заделки	Ограждения должны быть также установлены на вращающихся частях машин — шкивах, муфтах, вентиляторах, открытых частях валов; снимать их при работающих машинах запрещено
Защита электродвигателей от перегрузки	На двигателях, у которых возможна систематическая перегрузка по технологическим причинам, устанавливается защита от перегрузки	Защита должна действовать на сигнал, автоматическую разгрузку механизма или на отключение
Предохранители	Плавкие вставки предохранителей должны быть калиброваны с указанием на клейме номинального тока	Клеймо должно быть завода-изготовителя или электротехнической лаборатории. Применять некалиброванные вставки запрещено
Контроль тока	Для наблюдения за пуском и работой электродвигателей механизмов, регулирование технологических процессов которых ведется по току, должен быть установлен амперметр в цепи статора	Амперметр устанавливают на пусковом щитке или панели. На шкале амперметра должно быть отмечено красной чертой значение тока, превышающее номинальное на 5 %

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Контроль напряжения	Наличие напряжения должно контролироваться вольтметрами или сигнальными лампами	Вольтметры или сигнальные лампы устанавливают на групповых щитках и сборках

§ 28. Надзор и уход за электродвигателями

Таблица 97. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Осмотры	Периодичность осмотров устанавливают в зависимости от производственных условий, но не реже 1 раза в 2 мес	При осмотрах следует очищать двигатель от загрязнений, проверять состояние контактных колец и щеток (у двигателей с фазным ротором), надежность заземления и соединение двигателя с механизмом. Кроме того, надо убедиться в отсутствии трещин и отколов в станине, подшипниковых щитах и крышках подшипников, вмятин в кожухе вентилятора; проверить целостность всех крыльев вентилятора и изоляции выводов обмоток и питающих проводов
Контроль напряжения	Для нормальной работы электродвигателя напряжение на питающих шинах должно быть 100—105 % номинального	Допускается работа электродвигателя при отклонении напряжения от -5 до $+10$ % номинального
Подшипники	Температура подшипников должна быть не выше допустимой Уровень масла в подшипниках должен быть нормальным	Предельно допустимая температура для подшипников скольжения 80°C , для подшипников качения 100°C Нормальный уровень масла отмечен чертой на маслоуказателе

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Контактные кольца Чистка коллектора и контактных колец Продороживание коллектора	Зазоры в подшипниках качения должны соответствовать нормативам Износ колец не должен быть выше допустимого Коллектор и контактные кольца должны быть всегда чистыми. Наличие металлической и угольной пыли недопустимо. Чистку производят сухой тряпкой Царапины и почернения необходимо во избежание усиленного искрения устранять по мере их возникновения При появлении над поверхностью коллектора выступающей слюды ее надо снять продороживанием с помощью пилки-скребка (рис. 5)	Допустимый радиальный зазор при диаметре вала, мм: 20—30 — 0,1 мм; 35—50 — 0,15 мм; 55—80 — 0,2 мм; 85—120 — 0,3 мм Допустимый износ кольца при его диаметре, мм: 72,5—3 мм; 80 и 120 — 3 и 4 мм Допустимо чистить на ходу дощечкой, обернутой сухой тряпкой, с соблюдением мер безопасности (изолировать себя от прикосновения к токоведущим частям и не задевать руками и одеждой вращающейся части) Царапины и почернения устраняют полировкой коллектора при его номинальной частоте вращения мелкой стеклянной бумагой, закрепляемой на деревянной колодке (рис. 4). Применять наждачное полотно запрещено Выступающую слюду снимают на 1—1,5 мм. Края пластин коллектора скашивают под углом 45° на ширину не более 0,5 мм (рис. 6, а, б)

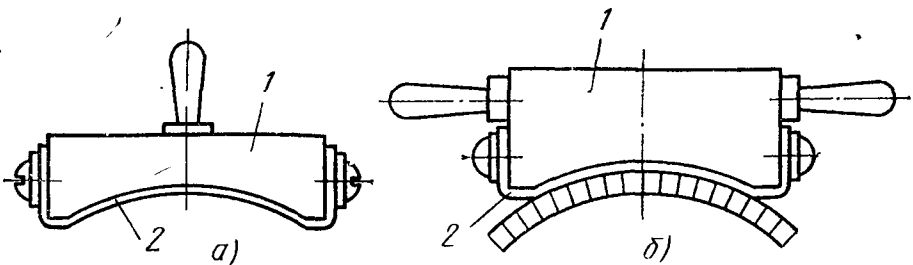


Рис. 4. Колодки для шлифовки коллектора:
а — с одной ручкой, б — с двумя ручками; 1 — деревянная колодка, 2 — стеклянная бумага

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Щетки	Подбор щеток производится по указанию завода-изготовителя, а при отсутствии заводских данных щетки подбирают по табл. 98	Размер щеток должен обеспечивать их свободное передвижение в обойме. Расстояние от обоймы до поверхности коллектора должно быть 2—4 мм (рис. 7). Применение разных щеток недопустимо

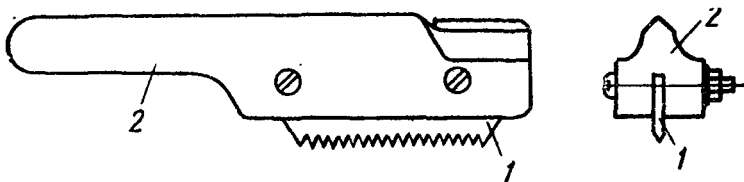


Рис. 5. Пилка-скребок для продороживания коллектора:

1 — ножовочное полотно, 2 — деревянная ручка

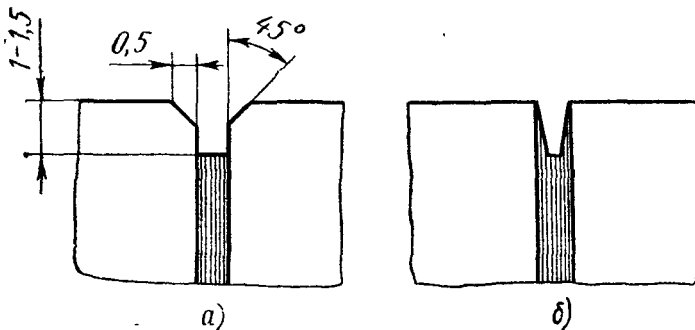


Рис. 6. Продороживание изоляции между пластинами коллектора:

а — правильно, б — неправильно

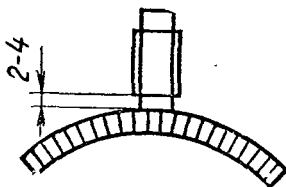


Рис. 7. Установка обоймы щеткодержателя

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Периодичность ремонтов	Щетки необходимо шлифовать к коллектору. По окончании шлифовки коллектор следует очистить от осевшей на него пыли	Пришлифовку щеток (рис. 8, а, б) производят так: под щетку подкладывают стеклянную бумагу, которую передвигают вправо и влево
	Сила нажатия щеток должна быть отрегулирована. Отклонение величины нажатия отдельных щеток не должно превышать 10 %	Проверку нажатия выполняют динамометром или пружинными весами (рис. 9), регулировку — пружиной
	Устанавливает лицо, ответственное за электрохозяйство, с учетом местных условий	Электродвигатели, работающие в тяжелых условиях (повышенная температура, загрязненность), следует капитально ремонтировать не реже 1 раза в 2 года
Резервные электродвигатели	Должны быть постоянно готовы к немедленному пуску	Осмотр и опробование этих электродвигателей производят по утвержденному графику

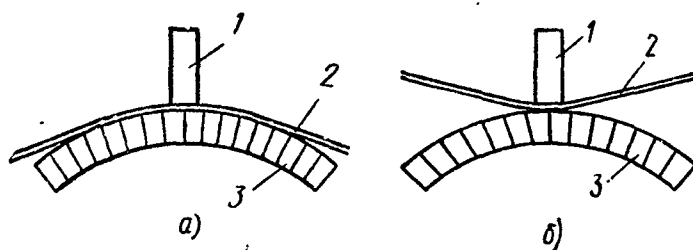


Рис. 8. Пришлифовка щеток к коллектору:
а — правильно, б — неправильно; 1 — щетка, 2 — стеклянная бумага, 3 — коллектор

Рис. 9. Измерение усилия нажатия щетки динамометром

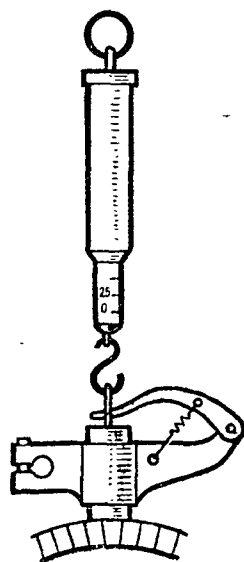


Таблица 98. Щетки для электрических машин (ГОСТ 2332—75)

Наименование групп марок	Обозначение марок	Удельное электрическое сопротивление, $\text{мкОм} \cdot \text{м} \times \frac{\text{мм}^2}{\text{мм}}$	Переходное падение напряжения на пару щеток, В	Давление на щетку, $1 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ($\text{кгс}/\text{см}^2$)	Плотность тока, $\text{А}/\text{см}^2$	Линейная скорость вращения, м/с	Применение
Угольно-графитные	Г20	35—100	2,0—4,3	0,2—0,3	10—12	15	Генераторы и двигатели с облегченными условиями коммутации и коллекторные машины переменного тока
	Г21	150—420	3,2—5,5	0,80	20	25	
	Г22	100—230	Не менее 2,2	0,80	20	25	
Графитные	Г3	8—20	0,6—1,4	0,8	20	25	Генераторы и двигатели с облегченными условиями коммутации и контактные кольца
	611М	8—22	0,6—1,6				
	6110М	8—28	0,8—1,8				
Электрографитированные	ЭГ2А	11—28	1,0—2,0				Генераторы и двигатели со средними и затрудненными условиями коммутации и контактные кольца
	ЭГ2АФ	12—35	1,1—2,1				
	ЭГ4	6—14	1,0—2,2				
	ЭГ8	35—45	1,2—2,0				
	ЭГ14	20—38	1,1—2,1				

Металлогра-
фитные

ЭГ51	20—40	1,0—2,1	0,80	20	25
ЭГ61	24—46	1,2—3,0			
ЭГ71	20—35	1,3—2,3			
ЭГ74	35—75	1,2—2,4			
ЭГ74АФ	19—38	1,0—2,0			
ЭГ85	35—75	1,4—2,8	0,15—0,2	15	15
М1	2—5	1,0—1,9			
М3	6—12	1,4—2,2			
М6	1—6	1,0—2,0			
М20	3—13	1,0—1,8			
МГ	0,04—0,12	0,1—0,3			
МГ2	0,1—0,25	0,3—0,7			
МГ4	0,3—1,3	0,6—1,6			
МГ64	0,05—0,25	0,2—0,5			
МГС5	2—15	0,7—1,9			
МГС0	Не более 0,3	0,08—0,35			

Низковольтные гене-
раторы и контактные
кольца

Примечание. Коэффициент трения щеток о коллектор составляет 0,25 для всех марок щеток.

Выбор плавких вставок при разных условиях пуска. Выбор вставок для защиты электродвигателей производят по формулам: для легких условий пуска $I_{вст}=I_n/2,5$; для тяжелых условий пуска (большая длительность разгона, частые пуски) $I_{вст}=I_n/(2+1,6)$.

Выбор автоматических выключателей. Автоматические выключатели, например ВА-12, применяют в сетях переменного тока напряжением до 660 В для размыкания цепей при редких к. з. и перегрузках (допускают 12 включений в час асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором). Характеристика выключателя ВА-12 приведена в табл. 99.

Т а б л и ц а 99. Автоматические выключатели ВА-12

Номинальный ток, А		Вид расцепителя	Предельная коммутационная способность, кА					
выключателя	расцепителя		номинальная		одноразовая			
			при напряжении, В					
			до 380	380—500	500—660	до 380	380—500	500—660
63	0,6; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 3,2; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63	Комбинированный или электромагнитный	12	8	6,0	15	10	8

Допустимая повторность пусков электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Она зависит от состояния двигателя перед повторным пуском: при холодном состоянии — 2—3 раза, при горячем — 1 раз. Отступление от этих указаний допускается в аварийных случаях и для двигателей с малым временем пуска (2—3 с).

Исправность электродвигателей. В простейшем случае ее определяют по току холостого хода, значения которого приведены в табл. 100.

Т а б л и ц а 100. Наибольшие допустимые значения тока холостого хода для асинхронных электродвигателей

Номинальная мощность, кВт	Ток холостого хода, % от номинального в зависимости от синхронной частоты вращения, об/мин			
	3000	1500	1000	750
0,1—0,5	55	70	80	90
0,51—1,0	40	55	60	65
1,1—5,0	35	50	55	60
5,1—10,0	25	45	50	55
10,1—25,0	20	40	45	40
25,1—50	18	35	40	45

Примечание. Значения тока холостого хода, не превышающие указанных, свидетельствуют, как правило, об исправности двигателя.

Аварийные отключения электродвигателей. Электродвигатель должен немедленно отключаться от сети: при несчастном случае (или угрозе его); появлении дыма, искр или огня из двигателя или его пускорегулирующей аппаратуры; повышенной вибрации; поломке приводного механизма; нагреве подшипника сверх допустимой температуры; снижении частоты вращения; возникновении ненормального шума.

В местной инструкции могут быть указаны и другие случаи, при которых двигатели должны быть немедленно отключены, а также порядок устранения аварийного состояния и пуска двигателей.

§ 29. Смазка подшипников электрических машин и масла для них

Т а б л и ц а 101. Замена и доливка масла в подшипники

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Доливка и замена масла в подшипниках скольжения	Масло следует доливать в сроки, определяемые временем работы двигателя в сутки, но не реже 1 раза в декаду Замену масла следует производить 1 раз в 3—6 мес. При тяжелых условиях работы (запыленность, высокая температура) масло заменяют чаще	Масло наливают до контрольной черты. При отсутствии черты кольцо должно быть погружено в масло на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{5}$ своего диаметра После замены масла наблюдают за работой подшипников. Появление пены указывает на плохое качество масла—загрязнение примесями смолы, кислот и механическими частицами
Замена смазки в подшипниках качения	Замену следует производить в соответствии с инструкцией (обычно 1 раз в 6—12 мес)	Смазку набивают на $\frac{2}{3}$ объема подшипника

Т а б л и ц а 102. Масла для подшипников с кольцевой смазкой

Частота вращения и режим работы машин	Показатели масла для машины мощностью, кВт			
	от 100 до 1000		выше 1000	
	вязкость, Па·с	сорт	вязкость, Па·с	сорт
От 1000 об/мин и выше: нереверсивные и с редкими пусками	0,017—0,020	Индустриальное 20 (веретенное 3)	0,017—0,020	Индустриальное 20 (веретенное 3)

Частота вращения и режим работы машин	Показатели масла для машины мощностью, кВт			
	от 100 до 1000		выше 1000	
	вяз- кость, Па·с	сорт	вяз- кость, Па·с	сорт
реверсивные и с частыми пусками От 250 до 1000 об/мин:	0,024—0,027	Индустриальное 30 (машинное «Л»)	0,024—0,027	Индустриальное 30 (машинное «Л»)
нереверсивные и с редкими пусками	0,024—0,027	Индустриальное 30 (машинное «Л»)	0,024—0,027	Индустриальное 30 (машинное «Л»)
реверсивные и с частыми пусками До 250 об/мин:	0,024—0,027	Индустриальное 30 (машинное «Л»)	0,034—0,040	Индустриальное 45 (машинное «С»)
нереверсивные и реверсивные	0,034—0,040	Индустриальное 45 (машинное «С»)	0,034—0,040	Индустриальное 45 (машинное «С»)

Т а б л и ц а 103. Смазки для подшипников качения

Наименование и марка смазки	Температура каплепадения, °С, не менее	Условия работы подшипников
Универсальная среднеплавкая (УС) (солидол жировой, ГОСТ 1033—79)	75	Повышенная влажность, температура до 65 °С
Смазка 1—13 жировая (ГОСТ 1631—61 *)	120	Повышенная влажность, температура до 110 °С
Универсальная тугоплавкая консталин-1 (ГОСТ 1957—73 *)	130	Сухие помещения, температура до 115 °С
Универсальная тугоплавкая консталин-2 (ГОСТ 1957—73 *)	150	Сухие помещения, температура до 135 °С

§ 30. Надзор и уход за пускорегулирующей аппаратурой

Т а б л и ц а 104. Разные требования

Элемент электро-установки	Требование	Дополнение и пояснение
Электромагнитные контакторы	Контакторы следует осматривать не реже 1 раза в 2—3 мес, чистить и устранять неисправности	Периодичность осмотров устанавливают в зависимости от условий работы. Перед осмотром надо снять напряжение и исключить возможность его появления на вводе и блок-контактах.
	Контактные соединения должны быть чистыми и плотно затянутыми	Особенно необходимо следить за чистотой изоляционных поверхностей. Контактор вытирают сухой салфеткой Соединения зачищают стальной щеткой, протирают салфеткой, смоченной бензином, смазывают техническим вазелином и туго затягивают винты
	Нажатие контактов должно соответствовать заводским указаниям	Слабое нажатие увеличивает износ контактов, чрезмерное — повышает вибрацию и гудение
	Износ контактов по толщине не должен превышать 70 %	При неравномерном износе контакты более износившейся фазы меняют местами с контактами менее износившейся фазы
	Должна периодически проверяться механическая блокировка реверсивных контактов	Проверку производят не реже чем через 1 млн включений, регулировку — по заводским указаниям
Автоматические выключатели (автоматы)	Необходимо содержать в чистоте и осматривать (снимая крышку) через 2000 включений, но не реже 1 раза в год, а также после каждого короткого замыкания	Перед снятием крышки надо исключить возможность появления напряжения на вводе и блок-контактах. Копоть с внутренней поверхности удаляют салфеткой, смоченной бензином; смазывают шарниры, проверяют затяжку винтов, целостность пружин и состояние контактов

Элемент электро-установки	Требование	Дополнение и пояснение
Предохранители	Температура наконечников плавких вставок в месте контактов с зажимами не должна превышать: 105 °С — у вставок на ток до 15 А и 120 °С — у вставок на ток 60—100 А	Температуру контролируют с помощью термокрасок или термопленок
Рубильники	Следует периодически проверять состояние контактов «контактная стойка — нож» и «нож — шарнирная стойка»	Для устранения оксидной пленки снимают нагрузку и несколько раз включают и выключают рубильник

§ 31. Безопасность труда при обслуживании электродвигателей

Т а б л и ц а 105. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Ограждения выводов обмоток и кабельных воронок двигателей	Запрещается снимать ограждения во время работы двигателей	Ограждения крепят винтами или болтами
Отключение и включение двигателей напряжением выше 1000 В приводами ручного управления	Необходимо производить только с применением защитных средств	Указанные операции следует выполнять с изолирующего основания и в диэлектрических перчатках
Щетки	Уход за щетками на работающем двигателе может выполнять один человек из оперативного персонала или специально обученные рабочие с квалификационной группой не ниже III	Работу выполняют с соблюдением мер предосторожности, указанных после таблицы

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Реостаты, шлифование колец ротора	Работа в цепи пускового реостата вращающегося двигателя допускается только при поднятых щетках и замкнутом накоротко роторе. Работа в цепях регулировочного реостата вращающегося двигателя должна производиться с соблюдением мер безопасности труда	Работа в цепях регулировочного реостата вращающегося двигателя рассматривается как работа в цепях под напряжением до 1000 В. Шлифование колец ротора можно выполнять на вращающемся двигателе только при помощи колодок из изоляционного материала
Работы на механической части	При производстве ремонтных работ без разборки деталей на механической части двигателя или приводимого механизма двигатель должен быть остановлен, а на ключе управления или приводе выключателя повешен плакат: «Не включать — работают люди»	Если при работе ремонтного персонала возможно его соприкосновение с вращающимися частями, то кроме выключателя отключается также разъединитель, на привод которого вывешивается плакат: «Не включать — работают люди»
Закорачивание фаз кабеля	При отсоединении от двигателя питающего кабеля концы всех трех фаз кабеля должны быть замкнуты накоротко и заземлены	Для заземления концов кабеля следует применять переносное заземление
Пусковые устройства	Открывать ящики пусковых устройств двигателей напряжением выше 1000 В, когда устройства находятся под напряжением, разрешается только для наружного осмотра рабочим с квалификационной группой не ниже IV	Работать в указанных устройствах можно лишь при полном снятии напряжения
Одежда персонала	В женском платье и халатах электродвигатели обслуживать запрещено	Женское платье и халаты имеют части, легко захватываемые вращающимися частями

Меры предосторожности при уходе за щетками на работающем электродвигателе. При уходе за щетками необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

остерегаться захвата одежды или обтирочного материала вращающимися частями машины;

работать только в налокотниках, плотно стягивающих руку у запястья, или с застегнутыми у запястья рукавами;

при работе электромонтеров у возбuditелей со стороны коллекторов и у колец ротора расстилать резиновые диэлектрические маты, а при их отсутствии надевать диэлектрические галоши.

Запрещается касаться руками одновременно токоведущих частей различной полярности или токоведущих и заземленных частей машины. При работе следует пользоваться только инструментом с изолированными рукоятками.

ГЛАВА VI. РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА И ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ПОДСТАНЦИИ

§ 32. Термины и определения

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка для приема и распределения электроэнергии, содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы.

Открытым распределительным устройством (ОРУ) называется РУ, все или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе.

Закрытым распределительным устройством (ЗРУ) называется РУ, оборудование которого расположено в здании.

Комплектное распределительное устройство — это устройство, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков с встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики и поставляемое в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. Устройство для внутренней установки обозначают КРУ, для наружной установки — КРУН.

Подстанцией называется электроустановка, служащая для преобразования и распределения электроэнергии и состоящая из трансформаторов или других преобразователей энергии, распределительных устройств, устройств управления и вспомогательных сооружений.

Подстанции, как и РУ, могут быть открытыми и закрытыми. В зависимости от преобладания той или иной функции подстанции называются трансформаторными (ТП) или преобразовательными.

Внутрицеховая подстанция — это подстанция, расположенная в производственном здании.

Комплектной трансформаторной (преобразовательной) подстанцией (КТП, КПП) называется подстанция, состоящая из трансформаторов (преобразователей) и блоков (КРУ или КРУН и других элементов), поставляемых в собранном или полностью подготовленном для сборки виде. КТП, КПП или их части, размещаемые в закрытом помещении, относятся к внутренним установкам, размещаемые на открытом воздухе, — к наружным установкам.

Столбовой (мачтовой) трансформаторной подстанцией называется открытая ТП, все оборудование которой установлено на конструкциях или опорах ВЛ на высоте, где требуется ограждение.

Распределительным пунктом (РП) называется РУ, предназначенное для приема и распределения энергии одного номинального напряжения без его преобразования и трансформации, не входящее в состав подстанции.

Взрывной камерой называется закрытая камера, служащая для локализации возможных аварийных последствий при повреждении установленных в ней аппаратов и имеющая выход наружу или во взрывной коридор.

Коридором обслуживания называется коридор вдоль камер или шкафов КРУ для обслуживания аппаратов и шин, а *взрывным* — коридор, в который выходят двери взрывных камер.

§ 33. Приемка в эксплуатацию ТП

Т а б л и ц а 106. Разные требования к РУ напряжением выше 1000 В

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Выходы из РУ	При длине РУ до 7 м допускается один выход, от 7 до 60 м — два выхода по концам, более 60 м — должны быть дополнительные выходы	Выполнение указанного требования обеспечивает быстрый выход персонала при пожарах. При длине РУ более 60 м расстояние от любой точки коридора до выхода должно быть не более 30 м
Двери из РУ	Двери должны открываться наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые без ключа изнутри. На дверях должны быть предупредительные плакаты и надписи, указывающие назначение присоединений	Двери должны открываться без ключа для быстрого выхода персонала из помещения в аварийных случаях
Ограждения	Ограждения должны открываться только ключами или сниматься с помощью приспособлений	Вместо замка на ограждениях может быть другое запирающее устройство
Ключи	Двери РУ одного напряжения должны открываться одним ключом	Ключ не должен подходить к замкам камер
Строительная часть	Стены и потолки должны быть оштукатурены и побелены Полы коридоров не должны иметь порогов	Требование относится ко всем помещениям РУ Пороги затрудняют движение

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Кабельные каналы	Панели камер со стороны коридора необходимо окрашивать в светлые тона Кабельные каналы ЗРУ и ОРУ должны быть закрыты съемными несгораемыми плитами	На светлом фоне лучше видны надписи, указатели и положения приводов Съемность плит позволяет контролировать состояние кабелей
Указатели	Все указатели, характеризующие состояние оборудования, следует располагать со стороны проходов	Указатели должны быть доступны для наблюдения без снятия напряжения
Приводы разъединителей и щитки столбовых (мачтовых) ТП	Приводы и щитки должны быть заперты на замок или ручка управления должна быть снята и храниться у оперативного персонала	Требование относится к приводам разъединителей, доступным посторонним лицам. Стационарные лестницы должны быть заблокированы с разъединителями и заперты на замок
Приводы масляных выключателей ОРУ, КРУН и неотапливаемых ЗРУ	Там, где температура может быть ниже -25°C , приводы должны быть оборудованы электроподогревом	Температура воздуха, при которой включается подогрев, указывается в инструкциях по эксплуатации
Компрессорные установки	Установки сжатого воздуха для обслуживания воздушных выключателей и разъединителей с пневматическим приводом должны иметь резервный компрессор	При повреждении компрессора и отсутствии резервного оборудования воздушными выключателями не допускаются
Сжатый воздух	Подаваемый к воздушным выключателям или другим аппаратам сжатый воздух (влажность не более 50 %) должен быть свободен от механических примесей	Сжатый воздух очищают фильтрами, устанавливаемыми перед компрессорами и выключателем или аппаратом
Шины	Шины в РУ, как правило, должны соединяться сваркой	Болтовые соединения алюминиевых шин менее надежны
	Окраска одноименных шин в каждой электроустановке должна быть одинаковой	Выполнение требования необходимо для предотвращения ошибочного включения фаз на короткое замыкание

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Рубильники	Рубильники на напряжение до 1000 В с непосредственным ручным управлением, имеющие токоведущие части, обращенные к оператору, должны иметь кожухи	Для надежной защиты оперативного персонала кожухи выполняют глухими из несгораемого материала
Дополнительное оборудование	В РУ должны быть: переносные заземления; средства защитные и по оказанию первой помощи; противопожарный инвентарь	—
Освещение	Осветительная арматура в РУ должна быть установлена с учетом безопасного ее обслуживания	Опасность при обслуживании электроосвещения возникает при смене ламп, протирке арматуры и т. п.

Таблица 107. Разные требования к РУ напряжением до 1000 В

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Помещение	Помещение РУ предприятия, примыкающее к помещениям, принадлежащим посторонним организациям и имеющим оборудование, которое находится под напряжением, не должно сообщаться с ними	В указанных случаях помещения РУ должны иметь отдельный запирающийся выход
Окраска	Стены и потолки всех помещений РУ должны быть побелены или окрашены в светлые тона	При указанной окраске более четко выделяются положения приводов и надписи
Кабельные каналы	Каналы должны быть закрыты несгораемыми плитами	Съемные плиты необходимо содержать в чистоте

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Аппараты	Аппараты необходимо располагать так, чтобы обеспечивалось их безопасное обслуживание Токоведущие части пускорегулирующих и защитных аппаратов должны иметь ограждение, защищающее от случайных прикосновений к ним. На приводах коммутационных аппаратов должны быть четко указаны положения «Включено» и «Отключено»	Искры и электрическая дуга, возникающие в аппаратах при их эксплуатации, не должны создавать опасности персоналу, воспламенять или повреждать предметы и вызывать короткие замыкания В специальных помещениях (электромашинных, щитовых) допускается открытая (без защитных кожухов) установка аппаратов
Щитки и панели	Щитки и панели РУ должны иметь надписи с номерами и указаниями назначения каждой цепи	Щитки, предназначенные одновременно для постоянного и переменного тока или различных напряжений, необходимо снабжать четкими надписями (на лицевой и обратной сторонах панелей) и окрашивать в разные цвета для быстрого распознавания
Предохранители	Пробочные предохранители должны устанавливаться так, чтобы питающие провода присоединялись к контактному винту, а отходящие к потребителю — к винтовой гильзе	На предохранителях необходима надпись, указывающая номинальный ток плавкой вставки
Маркировка частей РУ	Провода, шины, кабели, контрольные зажимы и предохранители должны быть замаркированы по единой системе	Маркировку выполняют изоляционными бирками, надписями или гравировкой на корпусе либо щитке

Таблица 108. Разные требования к установке трансформаторов

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Окраска трансформаторов и надписи	На баках однофазных трансформаторов должна быть нанесена расцветка фаз. На баках трехфазных и групп однофазных трансформаторов должны быть надписи, указывающие их мощность и порядковые подстанционные номера	Трансформаторы наружной установки окрашивают в светлые тона, что уменьшает их нагрев солнечными лучами
Двери и предупредительные плакаты	На дверях трансформаторных пунктов и камер должны быть предупредительные плакаты Двери должны быть заперты на замок	Плакаты предупреждают, что установка находится под напряжением Двери запирают во избежание доступа посторонних лиц
Обслуживание трансформаторов	Должны быть обеспечены безопасные условия наблюдения за уровнем и температурой масла, газовым реле, а также для отбора проб масла	Требование необходимо для обеспечения наблюдения во время работы трансформатора
Контрольные приборы	Маслонаполненные трансформаторы, оборудованные расширителем, должны иметь термометры, а трансформаторы с соволовым наполнением — мановакуумметры и реле давления	Термометр указывает температуру масла. Мановакуумметр и реле давления сигнализируют об увеличении давления в трансформаторе выше нормы $0,5 \cdot 10^5$ Па (0,5 ат)
Контроль за нагрузкой	Трансформаторы мощностью 1000 кВ·А и выше должны иметь амперметры для контроля за максимальной нагрузкой	Длительная работа трансформатора с перегрузкой недопустима (см. табл. 115)

Таблица 109. Разные требования к аккумуляторным установкам

Объект	Требование	Дополнение и пояснение
Стационарные аккумуляторные батареи	Батареи необходимо устанавливать в специально предназначенных помещениях с входом через тамбур	Двери тамбура должны открываться наружу и иметь самозапирающиеся замки, открываемые изнутри без ключа
Помещения аккумуляторных батарей	Размещение кислотных и щелочных батарей в одном помещении запрещено	Батареи 24—48 В можно устанавливать в вентилируемых шкафах или помещениях без тамбуров
	Помещения должны иметь приточно-вытяжную вентиляцию с блокировкой для отключения зарядного тока при остановке вентилятора	При заряде батареи и неисправной вентиляции могут образоваться взрывоопасная концентрация водорода (гремучий газ) и вредные пары серной кислоты или щелочи
	Стены, потолки, двери и оконные переплеты, металлические конструкции, стеллажи и другие части следует окрашивать соответственно кислотоупорной или щелочеупорной краской	Вентиляционные коробки окрашивают снаружи и изнутри
Двери	В окнах должны быть матовые стекла или стекла, покрытые белой клеевой краской. Допускается установка батарей в помещении без окон	Аккумуляторы, установленные на солнечной стороне вблизи неокрашенных окон, нагреваются прямыми солнечными лучами, что приводит к потере их емкости
	На дверях аккумуляторного помещения должны быть крупные надписи: «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «С огнем не входить», «Курение запрещается»	Двери следует запирать на замок во избежание доступа посторонних лиц
Вода	Вблизи аккумуляторной должны быть водопроводный кран и раковина	Вместо водопроводного крана можно ставить бачок с водой

Объект	Требование	Дополнение и пояснение
Освещение	Следует применять лампы накаливания во взрывозащищенной арматуре. Выключатели, штепсельные розетки и предохранители необходимо устанавливать вне аккумуляторной	Указанная арматура исключает возможность взрыва при искрении контактов в патроне и разрыве колбы лампы
Отопление	Отопление должно производиться калориферным устройством, расположенным вне аккумуляторной и подающим теплый воздух в вентиляционный канал Установка электрических печей запрещается	Допускается паровое или водяное отопление внутри аккумуляторного помещения в виде цельных сварных труб без фланцев и вентилей При указанных печах возможно появление искр, могущих вызвать взрыв

Приборы и принадлежности для аккумуляторной установки*.
 При аккумуляторной установке должны быть: денсиметры (ареометры) и термометры для измерения плотности и температуры электролита; переносный вольтметр постоянного тока с пределами измерения 0—3 В; переносная герметичная лампа с предохранительной сеткой или аккумуляторный фонарь; стеклянная кружка с носиком (или кувшин) емкостью 1,5—2 л для приготовления электролита и доливки его в сосуды; предохранительные стекла для элементов; костюм из грубой шерсти, резиновый фартук, резиновые перчатки и сапоги, защитные очки; раствор соды для кислотных батарей и борной кислоты или уксусной эссенции для щелочных батарей; переносная перемычка для шунтирования элементов батарей; журнал аккумуляторной батареи.

§ 34. Надзор и уход за РУ напряжением до 1000 В

Т а б л и ц а 110. Разные требования

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
Испытания изоляции	Должны периодически производиться измерения сопротивления изоляции и ее испытания на электрическую прочность	Испытания производят обычно при капитальном ремонте и одновременно с испытаниями электропроводок, присоединенных к РУ

* Для установок без постоянного оперативного персонала допускается иметь все принадлежности в привозном комплекте.

Операция	Требование	Дополнение и пояснение
	Сопротивление изоляции для каждой секции РУ должно быть не менее 0,5 МОм	Сопротивление измеряют мегаомметром на напряжение 1000 В
	Испытания на электрическую прочность изоляции элементов приводов выключателей, разъединителей, вторичных цепей аппаратов, силовых и осветительных проводок производятся напряжением 1000 В промышленной частоты в течение 1 мин или мегаомметром на напряжение 2500 В	Если силовые или осветительные проводники имеют сопротивление изоляции ниже нормы, следует немедленно принять меры к его восстановлению или замене проводки
Осмотр и чистка	Осмотр и чистку РУ, щитов, сборок, щитков от пыли и загрязнения следует проводить не реже 1 раза в 3 мес	Сроки устанавливаются по местным условиям
Ремонт	Капитальный ремонт электрооборудования РУ необходимо производить не реже 1 раза в 3 года, а текущий — не реже 1 раза в год	Сроки ремонтов определяются по местным условиям Текущий ремонт выполняют между капитальными

§ 35. Надзор и уход за РУ напряжением выше 1000 В

Таблица 111. Разные требования

Показатель или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Температура воздуха	Внутри ЗРУ температура летом не должна быть выше 40 °С и превышать температуру наружного воздуха более чем на 15 °С	Для понижения температуры усиливают вентиляцию или снижают токовую нагрузку
Уровень масла	Уровень не должен выходить за пределы маслоуказателя при температуре окружающего воздуха от -40 до +40 °С	Если уровень ниже предела, следует долить масло в аппарат, если выше — слить излишек

Показатель	Требование	Дополнение и пояснение
Продувка воздухопроводов	Продувку магистральных воздухопроводов РУ и замену заполнителя фильтров следует делать не реже 1 раза в год	Замену заполнителей воздухоосушителей выполняют по мере необходимости
Влага	Из всех воздухоборников и водомаслоотделителей влага должна спускаться периодически, но не реже 1 раза в трое суток (при постоянном дежурстве персонала) или по графику	Периодичность спуска воды из воздухоборников определяют по местным инструкциям
Контроль за нагревом	Для контроля за нагревом разъемных контактных соединений в ЗРУ следует устанавливать термоиндикаторы или наклеивать термопленку	Термопленка сохраняет свой ярко-красный цвет, если нет перегрева, при перегреве она становится темно-красной, затем вишневой и черной
Сопротивление изоляции вторичных цепей	Сопротивление электрически связанных цепей релейной защиты и других вторичных цепей должно быть относительно земли для каждого присоединения не ниже 1 МОм	В цепях с аппаратурой пониженного напряжения (60 В и ниже), нормально питающейся от отдельного источника, сопротивление должно быть не ниже 0,5 МОм
Проверка релейной защиты и вторичных цепей	Полные плановые проверки следует проводить по инструкциям, но не реже 1 раза в 3 года	Между плановыми проверками проводят частичные проверки; их периодичность устанавливается местными инструкциями
Размыкание вторичных цепей трансформаторов тока	Запрещается размыкать при незакороченной вторичной обмотке	Закорачивание вторичной обмотки осуществляют наложением специальных зажимов
Сигнализация	Аварийная и предупредительная сигнализация должна быть всегда готова к действию	Особое внимание обращают на наличие оперативного тока и исправность предохранителей и автоматов во вторичных цепях

Показатель или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Проверка резервных элементов	Следует регулярно проверять исправность резервных элементов РУ (трансформаторов, выключателей, шин и др.)	Проверку осуществляют включением элементов под напряжение в сроки, установленные местными инструкциями
Осмотр запасного оборудования	Аварийный запас электрооборудования, частей и деталей следует осматривать, испытывать, чистить и смазывать не реже 1 раза в 3 года	Требование обеспечивает готовность к вводу в эксплуатацию аварийного оборудования в любое время

Осмотры РУ напряжением выше 1000 В без их отключения. Осмотры РУ без отключения производят в следующие сроки:

на объектах с постоянным дежурством персонала — 1 раз в сутки и, кроме того, в темноте для выявления наличия разрядов, коронирования — в сроки, установленные местными инструкциями, но не реже 1 раза в месяц;

на объектах без постоянного дежурства персонала — не реже 1 раза в месяц, на ТП и РУ — не реже 1 раза в 6 мес.

После к. з. производят внеочередной осмотр. На объектах без постоянного дежурства персонала внеочередной осмотр проводят в сроки, устанавливаемые местными инструкциями с учетом мощности к. з. и состояния оборудования.

В зависимости от местных условий (усиленное загрязнение) и при плохой погоде (туман, мокрый снег, гололед) ОРУ должны подвергаться дополнительным осмотрам.

Записи о неисправностях, замеченных при осмотрах, заносят в эксплуатационный журнал. Устранять неисправности следует в кратчайший срок.

При осмотре РУ особое внимание следует обращать: на состояние помещения, исправность дверей и окон, отсутствие течи в кровле и междуэтажных перекрытиях, наличие и исправность замков; исправность отопления и вентиляции; исправность освещения и сети заземления; наличие средств безопасности; уровень и температуру масла в аппаратах и отсутствие течи, состояние контактов; состояние рубильников щита низкого напряжения; целостность пломб у счетчиков и реле и вращение дисков у счетчиков; состояние изоляции (запыленность, наличие трещин, разрядов и др.); работу сигнализации и пр.

**Т а б л и ц а 112. Периодичность ремонтов
аппаратов РУ напряжением выше 1000 В**

Вид ремонта и его объект	Периодичность
Текущий ремонт	По мере надобности
Капитальный ремонт: масляных выключателей и их приводов	Не реже 1 раза в 3 года
воздушных выключателей и их приводов	Не реже 1 раза в 2—3 года
разъединителей, заземляющих ножей, короткозамыкателей, отделителей и их приводов	Не реже 1 раза в 3 года
остальных аппаратов РУ (трансформаторы тока, напряжения и т. п.)	По результатам профилактических испытаний и осмотров
Внеочередные капитальные ремонты выключателей	В зависимости от числа отключений и мощности коротких замыканий, конструкции выключателя и состояния масла

**Т а б л и ц а 113. Периодичность профилактических
испытаний аппаратов РУ напряжением выше 1000 В**

Объект испытания	Периодичность
Выключатели, разъединители, заземляющие ножи, короткозамыкатели, отделители и их приводы	Одновременно с капитальным ремонтом
Сухие реакторы, конденсаторы, маслонаполненные измерительные трансформаторы	Не реже 1 раза в 3 года
Штыревые изоляторы 6—10 кВ шинных мостов и типа ШТ-30	Не реже 1 раза в год
Штыревые изоляторы остальных типов	Не реже 1 раза в 2 года
Остальные аппараты, а также опорные и подвесные фарфоровые тарельчатые изоляторы	Не реже 1 раза в 3 года
Контакты соединений шин и присоединений к аппаратуре (при отсутствии термоиндикаторов)	То же

§ 36. Надзор и уход за силовыми трансформаторами

Т а б л и ц а 114. Разные требования

Операция или показатель	Требование	Дополнение и пояснение
Проверка давления со- вола внутри бака	Следует вести посто- янное наблюдение за по- казаниями мановакуум- метров	При давлении выше нормы ($0,5 \cdot 10^5$ Па) на- грузку трансформато- ров следует снизить
Влажность и температура воздуха	Относительная влаж- ность воздуха и темпе- ратура в трансформа- торных помещениях не должны превышать до- пустимых пределов	Допустимые пределы указываются в завод- ских инструкциях
Уровень мас- ла	В расширителе нера- ботающего трансформа- тора уровень масла не должен быть ниже уров- ня контрольных черт	Контрольные черты уровня масла соответст- вуют температурам ок- ружающей среды -35 , $+15$ и $+35$ °C
Температура масла	Для каждого транс- форматора по заводским данным определяют до- пустимую температуру верхних слоев масла. Для трансформаторов без принудительной цир- куляции масла темпера- тура не должна быть выше 95 °C	Превышение темпера- туры масла над темпе- ратурой окружающего воздуха допускается не более 60 °C
Сигнал газо- вого реле	При появлении сигнала следует осмотреть трансформатор и опреде- лить характер повреж- дения по цвету и степе- ни горючести газа в га- зовом реле	При горючем газе жел- того или сине-черного цвета трансформатор не- медленно отключают. Если газ бесцветен и не горит, трансформатор можно оставить в ра- боте

Операция или показатель	Требование	Дополнение и пояснение
Работа с отключенным дутьем	Указанная работа допускается для трансформаторов с дутьевым охлаждением, если температура верхних слоев масла не выше 55 °С и нагрузка не более номинальной	Работа допускается при низкой температуре окружающего воздуха, способного обеспечить охлаждение
Перегрузка	В аварийных режимах, если есть подвижный резерв, допускается перегрузка маслонаполненных трансформаторов и автотрансформаторов до 40 % сверх номинальной на время максимумов общей длительностью не более 6 ч в течение 5 сут При перегрузке трансформатора выше нормы дежурный обязан принять меры к его разгрузке, действуя по местной инструкции	Перегрузка возможна, если коэффициент заполнения суточного графика нагрузки трансформатора в условиях его перегрузки $K_3 = \frac{I_{\text{ср.сут}}}{I_N} \leq 0,75,$ где $I_{\text{ср.сут}} =$ $= \frac{A_{\text{акт.сут}} \cdot 1000}{U_N \cos \varphi \cdot 24 \sqrt{3}};$ $\cos \varphi$ — среднесуточный; $A_{\text{акт.сут}}$ определяется по счетчику за сутки (см. справочную литературу *)

* Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и правила техники безопасности при эксплуатации установок потребителей. М., Энергия, 1969.

Примечания: 1. В аварийных случаях допускается кратковременная перегрузка трансформаторов сверх номинальной при всех системах охлаждения независимо от предшествующего режима и температуры охлаждающей среды в соответствии с табл. 115. 2. Длительность и величину перегрузки при аварийных режимах для трансформаторов с принудительным охлаждением масла устанавливают по заводским данным.

**Т а б л и ц а 115. Кратковременные перегрузки
трансформаторов, допускаемые в аварийных случаях**

Нагрузка в долях от номинальной по току	Допустимая длитель- ность перегрузки, мин		Нагрузка в долях от номинальной по току	Допустимая длитель- ность перегрузки, мин	
	маслона- пополненных	сухих		маслона- пополненных	сухих
1,2	—	60	1,6	45	5
1,3	120	45	1,75	20	—
1,4	90	32	2,00	10	—
1,5	70	18			

Превышение первичного напряжения трансформаторов. Допускается длительное превышение первичного напряжения не более чем на 5 % напряжения, соответствующего данному ответвлению. Возможно превышение напряжения сверх номинального на 10 % при нагрузке 25 % номинальной или при номинальной нагрузке, но только до 6 ч в сутки.

При работе трансформатора без перегрузок при любых положениях ответвлений и любых режимах сети вторичная обмотка трансформатора может быть нагружена током не выше номинального.

Параллельная работа трансформаторов допустима при следующих условиях:

группы соединения одинаковы, а соотношения между мощностями не более 3 : 1; коэффициенты трансформации различаются не более чем на $\pm 0,5$ %; напряжения к. з. различаются не более чем на ± 10 % среднеарифметического значения напряжений к. з. трансформаторов. Перед включением трансформаторов выполняют их фазировку.

Осмотры трансформаторов без отключения. Осмотры производят в сроки: в установках с постоянным дежурством персонала — 1 раз в сутки; в установках без постоянного дежурства персонала — не реже 1 раза в месяц, а на трансформаторных пунктах — не реже 1 раза в 6 мес; внеочередные — при резком изменении температуры наружного воздуха и каждом отключении трансформатора от газовой или дифференциальной защиты.

В зависимости от местных условий, конструкции и состояния трансформатора сроки могут быть изменены лицом, ответственным за электрохозяйство.

При *осмотрах* проверяют: показания термометров и мановакуумметров; состояние кожухов и отсутствие течи масла; соответствие уровня масла в расширителе температурной отметке и наличие масла в маслонаполненных вводах; состояние маслоохладяющих и

маслосборных устройств и изоляторов; состояние ошиновки и кабелей, отсутствие чрезмерного нагрева контактов; исправность сигнализации и пробивных предохранителей; состояние сети заземления; состояние маслоочистительных устройств непрерывной регенерации масла, термосифонных фильтров и влагопоглощающих устройств; характер гудения трансформатора (потрескивание и необычный шум); состояние трансформаторного помещения.

Периодичность ремонта трансформаторов. Текущие ремонты с отключением производят для трансформаторов: центральных распределительных подстанций — по местным инструкциям, но не реже 1 раза в год; установленных в местах усиленного загрязнения — по местным инструкциям; остальных — по мере надобности, но не реже 1 раза в 3 года.

Для трансформаторов, имеющих переключатель регулирования напряжения под нагрузкой, производят внеочередной ремонт регулирующего устройства после определенного числа операций по переключению в соответствии с заводской инструкцией.

Капитальные ремонты с осмотром сердечника производят для трансформаторов: подстанций — первый раз не позднее чем через 6 лет после включения в эксплуатацию, в дальнейшем — по мере надобности в зависимости от результатов измерений и состояния в сроки, установленные лицом, ответственным за электрохозяйство; остальных — по результатам испытаний.

Трансформатор должен быть аварийно отключен при следующих условиях: сильном неравномерном шуме и потрескивании внутри трансформатора; повышенном и постоянно возрастающем нагреве при нормальных нагрузке и охлаждении; выбросе масла из расширителя или разрыве диафрагмы выхлопной трубы; течи масла с понижением его уровня ниже масломерного стекла; необходимости немедленной замены масла по результатам лабораторного анализа.

§ 37. Эксплуатация изоляционного масла

На предприятии, имеющем на балансе маслonaполненное электрооборудование, должен быть неснижаемый запас изоляционного масла в объеме не менее 110 % емкости наиболее емкого аппарата.

Масло в аппаратах подлежит восстановлению или замене при понижении электрической прочности, снижении химических показателей или при значении $\lg \delta$ более допускаемого нормами на эксплуатационное масло, а также при обнаружении в масле механических примесей.

Допустимость смешения разных масел при доливках в трансформаторы мощностью 1000 кВ·А и более, а также смешения свежего и эксплуатационного масел должна подтверждаться лабораторными испытаниями на выпадение осадка и стабильность.

Лабораторные испытания масла, находящегося в эксплуатации проводят в сроки: не реже 1 раза в 3 года для трансформаторов, работающих с термосифонными фильтрами (сокращенный анализ); после капитальных ремонтов аппаратов; 1 раз в год для трансформаторов, работающих без термосифонных фильтров (сокращенный анализ). Внеочередную пробу масла для определения температуры вспышки делают при обнаружении горючего газа в газовом реле.

Основные требования, предъявляемые к маслу, приведены в табл. 116.

**Т а б л и ц а 116. Основные требования, предъявляемые
к изоляционному маслу**

Показатель масла	Требования к маслу		Пояснение
	залитому в аппараты сразу	находящемуся в эксплуатации	
Минимальное пробивное напряжение масла для аппаратов, кВ:			Пробивное напряжение характеризует электрическую прочность
до 15	25	20	
выше 15 до 35	30	25	
Содержание механических примесей	Отсутствие		Определяется визуально
Содержание взвешенного угля:			Примесь угля увеличивает возможность пробоя между изолированными частями аппарата
в трансформаторах	Отсутствие	Отсутствие	
в выключателях	»	Незначительное количество	
Кислотное число, мг КОН на 1 г масла, не более	0,02	0,25	Наличие кислот снижает электрическую прочность масла и действует разрушающе на материалы, из которых изготовлены аппараты
Реакция водной вытяжки	Нейтральная		—
Температура вспышки, °С, не ниже	135	Снижение температуры не более чем на 5 °С от предыдущего значения	Температура вспышки характеризует способность к вспышке смеси паров масла с воздухом

§ 38. Эксплуатация аккумуляторных установок

Т а б л и ц а 117. Разные требования

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Температура	В аккумуляторном помещении температура должна быть не ниже 10 °С	При дальнейшем понижении температуры емкость аккумуляторов резко падает

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Сеть оперативного тока	При замыкании на землю в сети оперативного тока следует срочно принять меры к его устранению Работы под напряжением в сети, если в ней имеется замыкание на землю, запрещены Напряжение на шинах постоянного тока должно быть на 5 % выше напряжения токоприемников	При замыкании на землю во втором месте возможно неправильное включение и отключение аппаратов Допустимы лишь поиски места замыкания и его устранение Учитывается, что падение напряжения в сети составляет 5 %
Режим эксплуатации	Аккумуляторные батареи должны, как правило, работать в режиме постоянного подзаряда	Разряжать батарею более ее номинальной емкости и оставлять в разряженном состоянии запрещено
Перезаряд батарей	Кислотные батареи, работающие по методам постоянного подзаряда или «заряд — разряд», должны подвергаться уравнительному заряду (перезаряду) 1 раз в 3 мес. При этом батарею надо дать заряд не менее трехкратной номинальной емкости	Заряжать и разряжать батарею допустимо током не выше максимального для данной батареи. Температура электролита в конце заряда не должна превышать 40 °С
Анализ электролита	Анализ электролита должен производиться ежегодно из 1/3 элементов	Для доливки применяют дистиллированную воду, проверенную на отсутствие хлора и железа
Вентиляция аккумуляторного помещения	Приточно-вытяжную вентиляцию следует включать перед началом заряда батарей и отключать после полного удаления газов, но не ранее чем через 1,5 ч после окончания заряда	При работе батарей по методу постоянного подзаряда вентиляцию включают и отключают по мере необходимости, пользуясь местной инструкцией
Обслуживание аккумуляторных установок	Обслуживание должно быть возложено на специально обученного электромонтера	На каждой установке должен быть журнал аккумуляторной батареи

Осмотры и ремонт аккумуляторных батарей и выпрямительных установок. Осмотр батареи производят:

дежурный персонал — 1 раз в сутки;

мастер или начальник подстанции — 2 раза в месяц;

на подстанциях без постоянного дежурства — одновременно с осмотром оборудования, а также по графику (специально выделенное лицо).

Текущий ремонт батарей проводят 1 раз в год, а капитальный — по мере надобности в зависимости от состояния батарей.

Ремонт выпрямителей выполняют по мере надобности, а двигатель-генераторов — в порядке ремонта электродвигателей.

§ 39. Безопасность труда при обслуживании ТП

Т а б л и ц а 118. Обслуживание РУ

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Напряжение, появляющееся внезапно	Следует учитывать, что после исчезновения напряжения оно может быть подано вновь без предупреждения	Подать напряжение могут как при нормальной эксплуатации, так и в аварийных случаях
Осмотр РУ	При единоличных осмотрах РУ выше 1000 В входить в камеры или проникать за ограждения запрещается Запрещается подходить к месту обнаруженного замыкания на землю в ЗРУ на расстояние менее 4—5 м, а в ОРУ на расстояние менее 8—10 м При осмотре РУ до 1000 В запрещается снимать предупредительные плакаты, проникать за них, касаться токоведущих частей, обтирать, чистить оборудование и устранять неисправности	Осмотр камер производят с порога или стоя перед барьером; выполнять при этом какие-либо работы запрещается Подходить ближе можно только для выполнения операций с коммутационной аппаратурой при ликвидации замыкания и оказании помощи пострадавшим, при этом следует пользоваться защитными средствами

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Работы с разъединителями	Единолично открывать для осмотра дверцы щитов, пусковых устройств, пультов управления напряжением до 1000 В разрешается только - оперативному персоналу	При таком осмотре следует соблюдать осторожность, не касаться токоведущих частей и открытой аппаратуры. Запрещается выполнять какие-либо работы, кроме работ, перечень которых подлежит особому утверждению
Предохранители	Включать и отключать разъединители разрешается только изолирующей штангой и в диэлектрических перчатках Устанавливать и снимать предохранители можно, как правило, при снятом напряжении. В исключительных случаях их заменяют под напряжением, но при снятой нагрузке	Перед началом операций следует убедиться, что выключатель данной цепи отключен Работу под напряжением производят изолирующими клещами в защитных очках и диэлектрических перчатках. Под нагрузкой допускается замена предохранителей только закрытого типа (пробочных) до 1000 В

Таблица 119. Чистка изоляции в РУ без снятия напряжения

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Чистка изоляции в ЗРУ	Чистку следует производить специальными щетками или пылесосами с изолирующими штангами Чистка допускается при наличии проходов достаточной ширины, позволяющих свободно оперировать пылеудаляющими средствами	Выполняется не менее чем двумя лицами, специально обученными и допущенными к этой работе. Одно лицо должно иметь квалификационную группу не ниже IV, остальные — не ниже III Чистку можно производить только с пола или с устойчивых подмостей в диэлектрических перчатках

Объект или операция	Требование	Дополнение и пояснение
Штанги для пылесосов	Штанги должны быть полыми, изолирующими, рассчитанными на полное напряжение сети	Во избежание перекрытий штанги следует очищать внутри от пыли перед началом работы и периодически в процессе ее
Чистка изоляторов	Чистку должен делать только один член бригады под непрерывным надзором производителя работ или члена бригады с квалификационной группой не ниже IV	Чистку выполняют по специально утвержденной инструкции, учитывающей местные условия и технологию работ

ГЛАВА VII. ОРГАНИЗАЦИЯ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

§ 40. Общие сведения

Практикой передовых предприятий установлен определенный порядок оформления цехами заказов электроремонтному цеху, приема в ремонт, выдачи оборудования после ремонта и предъявления претензий по качеству.

На ремонты электродвигателей, генераторов, трансформаторов составляют ремонтные карточки. Технологический процесс ремонта электрооборудования протекает в определенной последовательности:

доставка очередной машины или аппарата в ремонтный цех; внешний осмотр; ознакомление с документацией заказчика; необходимые измерения и испытания; составление дефектной ведомости; открытие заказа;

разборка машины или аппарата, в случае необходимости — снятие обмоток; очистка и мойка частей и деталей; для трансформаторов — подъем активной части; в случае необходимости — слив масла; осмотр и определение повреждений отдельных частей и деталей оборудования; уточнение дефектной ведомости; составление в случае необходимости обмеров, схем и эскизов; маркировка разбираемых деталей; составление спецификаций нужных для ремонта материалов; отбор исправных узлов и деталей для хранения в промежуточном складе; распределение поврежденных узлов и деталей по соответствующим ремонтным отделениям;

ремонт механической части оборудования — валов, контактных колец, коллекторов, подшипников и т. п.;

ремонт и замена обмоток — изготовление секций и катушек с заготовкой изоляционных прокладок, клиньев и гильз; укладка секций; сборка и пайка обмоток и выводных концов; бандажирование обмотки ротора электрических машин; пропитка и сушка обмоток;

статическая и динамическая балансировки ротора;
 сборка узлов оборудования — подшипникового щита, крышки трансформатора с выводами, ротора с контактными кольцами и вентилятором, полная сборка оборудования;
 контрольные испытания; паспортизация и транспортировка на склад готовой продукции.

В последние годы применяется система передачи электрооборудования для капитального ремонта на специализированные электроремонтные заводы. Ниже (в гл. VIII и X) приводятся сведения по ремонту (выполняемому, как правило, на месте) электрооборудования, не связанного с его полной разборкой.

§ 41. Организация ремонтной базы

Ремонтная база — это производство, обеспечивающее весь комплекс работ по ремонту электрического оборудования.

Т а б л и ц а 120. Состав и краткая характеристика отделений и участков, входящих в ремонтную базу

Участок или отделение	Краткая характеристика выполняемых работ
Складское отделение	Хранение поступающего в ремонт и отремонтированного электрооборудования. В складском отделении должны быть стеллажи для хранения деталей и подъемно-транспортные средства для передвижения тяжелого электрооборудования на ремонтные участки
Участок разборки и дефектации	Осмотр поступившего в ремонт оборудования и определение опробованием и необходимыми электрическими и механическими замерами характера повреждений. Если необходимо, разбирают оборудование на отдельные узлы и детали, очищают и промывают их
Мясляное хозяйство	Слив отработанного и хранение чистого, сухого трансформаторного масла. Здесь же трансформаторы заливают маслом
Моечный участок	Мойка частей электрических машин (помещение пожароопасное, поэтому должно быть снабжено вентиляционной установкой)
Отделение ремонта силовых трансформаторов	Два участка: на первом — разбирают и ремонтируют активную часть, тут же размещают обмоточную и пропиточную; на втором — ремонтируют бак, крышку, расширитель и т. п. Здесь же производят сборку трансформатора
Участок изготовления и ремонта обмоток	Восстановление старого обмоточного провода, изготовление изоляционных деталей, секций и катушек, пропитка и сушка обмоток и т. п.
Слесарный и механический участок	Создают в зависимости от конкретных условий организации ремонтной базы, от технической и экономической целесообразности

Участок или отделение	Краткая характеристика выполняемых работ
Участок комплектации и сборки	Полная сборка оборудования и укомплектовка его запасными частями
Испытательная станция	Испытание окончательно собранного и отремонтированного оборудования

§ 42. Средства механизации ремонтных работ

Здесь приведены основные средства механизации трудоемких процессов и нестандартное оборудование, применяемые при ремонте электрических машин, трансформаторов и т. п. Сведения о различных приспособлениях и инструменте, предназначенных для специфических ремонтных операций, даны в главах по ремонту трансформаторов и электрических машин.

К основным средствам относят:

подъемно-транспортное оборудование — узкоколейные пути заводского типа по направлению основного технологического потока с тележками и вагонетками; краны, тельферы, монорельсы; стропы, крюки и приспособления для подъема узлов оборудования;

станочное оборудование — токарные, фрезерные, сверлильные, строгальные и шлифовальные станки различных типов, гильотинные и роликовые ножницы, листогибочный станок, прессы, наждачные точила, а также газо- и электросварочное оборудование;

нестандартное оборудование — моечную машину для промывки деталей, не имеющих обмоток (тележку с деталями закатывают в камеру и специальным раствором под давлением обмывают);

сушильный шкаф для сушки обмоток (воздух может быть нагрет трубами, в которые подается пар под давлением $4,5 \cdot 10^5$ — $5 \cdot 10^5$ Па, электрическими нагревательными приборами и т. п.; в шкафу должна постоянно поддерживаться температура в пределах 110 — 115°C);

вакуумную печь для сушки изоляции трансформаторов под вакуумом (по змеевику, расположенному в сушильной камере, протекает горячая вода, поддерживающая необходимую температуру; вакуум-насос создает требуемый вакуум);

пропиточную лакованну для пропитки обмоток погружением их в бак с лаком;

оборудование масляного хозяйства для хранения чистого масла, слива грязного, очистки и сушки масла;

основной слесарный и монтажный инструмент — набор разводных, гаечных и торцовых ключей, водопроводный ключ, ручные тиски, слесарные молотки, небольшие кувалды, зубило, ножовки, плоскогубцы, кусачки, монтерские ножи, различные напильники, микрометр, штангенциркуль, стальные метры, электропаяльники.

Г Л А В А VIII. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АППАРАТУРЫ НАПРЯЖЕНИЕМ ДО 1000 В

§ 43. Неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов

Среди различных коммутационных аппаратов, применяемых в электроустановках промышленных предприятий, наиболее распространены коммутационные электромагнитные аппараты. У этих аппаратов наблюдаются отказы как воспринимающей, так и исполнительных частей, причем более 60 % отказов приходится на контакты, остальные 40 % примерно поровну распределяются между обмотками и механическими элементами. Если отказы, приходящиеся на контакты, принять за 100 %, то усредненная доля отказа из-за того, что контакты не замыкаются, составляет 60, не размыкаются — 10, происходят короткие замыкания обмоток на корпус — 3, увеличивается контактное сопротивление — 16, уменьшается сопротивление изоляции — 3, происходят сбои — 8 %. Неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов и способы их устранения приведены в табл. 121.

Т а б л и ц а 121. Неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Подгорание, глубокая коррозия контактов по линии их первоначального касания	Недостаточное нажатие контактов, их вибрация в момент замыкания	Увеличить начальное нажатие контактов (установкой новой контактной пружины или регулировкой старой)
Затяжное гашение дуги	Несоответствие разрывной мощности контактов характеру и току нагрузки или неправильное включение дугогасительной катушки	Проверить соответствие контактов нагрузке и правильность включения дугогасительной катушки
Повышенный нагрев контактов	Несоответствие контактов режиму работы при выборе по повторно-кратковременному режиму; недостаточное конечное нажатие, вследствие чего увеличивается переходное сопротивление контактов; ухудшение контактной поверхности	Зачистить оплавления контактной поверхности надфилем; увеличить конечное нажатие контактов; заменить контакты в соответствии с характером нагрузки

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Вибрация магнитопровода коммутационных аппаратов переменного тока	Неисправность магнитной системы	Проверить наличие и целостность короткозамкнутого витка; зачистить плоскости прилегания якоря к сердечнику электромагнита; проверить плотность прилегания поверхностей электромагнитов прокладкой из тонкой, чистой копировальной бумаги. Поверхность соприкосновения при замыкании контактов должна быть не меньше 60—75%. В противном случае требуется перешихтовка магнитопровода
Неодновременное включение контактов в многополюсных аппаратах	—	Отрегулировать контакты
Нечеткое включение и самопроизвольное отпадание якоря	Несоответствие катушки по рабочему напряжению	Сменить катушку
Повышенный нагрев катушек аппаратов больших габаритов	Сопротивление добавочного резистора мало	Подобрать сопротивление

§ 44. Ремонт переключателей и реостатов

Таблица 122. Разные указания

Объект или операция	Указание	Дополнение и пояснение
Контактные поверхности	При небольшом обго- рании контактные по- верхности очищают бар- хатным напильником от копоти, наплывов и дру- гих неровностей	Очистка наждачной бумагой не рекомендует- ся, так как зерна нажда- ка въедаются в металл, увеличивая переходное сопротивление контакта

Субъект или операция	Указание	Дополнение и пояснение
Ножи и губки	Контакты регулируют, сжимая и разжимая губки. Включение и отключение ножей после их регулировки необходимо выполнять с усилием и одновременно	Ножи изготавливают обычно из фосфористой бронзы, а контактные губки — из шинной меди
Ремонт и замена изоляционных плит	Выгоревшие, обуглившиеся или треснувшие плиты лучше заменить новыми	Электроэмаль повышает механическую устойчивость плит и придает им требуемый цвет
Шарнирные соединения	Асбестоцементные плиты после соответствующей механической обработки пропитывают лаками или компаундами и покрывают электроэмалью	При изготовлении новой плиты старую целесообразно использовать в качестве шаблона для сверления отверстий в новой
	Изношенные соединения целесообразно заменить новыми	Подтяжка изношенных шарнирных соединений не достигает цели, поскольку они обычно перегреваются
Переключатели	Отдельные изношенные детали переключателей заменяют запасными	При отсутствии запасных можно использовать неповрежденные детали других переключателей того же типа
Реостаты	Разбирают полностью, чистят все детали, изношенные части (контакты, элементы резисторов, пружины, болтовые соединения, изоляционные детали) ремонтируют или заменяют новыми	Новые элементы для сгоревших резисторов изготавливают из того же материала и с тем же сечением, что и сгоревшие. Изолируют резисторы от корпуса с помощью фарфора, стеатита или миканита
	Проверяют крепление, плотность винтовых соединений, уровень масла, состояние защитного заземления. Неисправные контакты регулируют механически	Измеряют сопротивление изоляции реостата относительно корпуса

**Т а б л и ц а 123. Неисправности пусковых реостатов
серии РП и контакторов и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Электродвигатель не разворачивается	Обрыв в цепи катушки контактора	Проверить цепь катушки, устранить обрыв или заменить запасной катушкой
	Механическое заедание подвижной системы контактора	Разобрать контактор, устранить заедание и снова собрать контактор
	Контакт задевает за стенку дугогасительной камеры	Снять камеру контактора и устранить заедание
	Сгорел элемент резистора реостата	Разобрать реостат, заменить сгоревший элемент таким же запасным
Прерывание тока в цепи якоря электродвигателя во время поворота маховичка реостата	Загрязнение контактов реостата	Прочистить контактные поверхности неподвижных и подвижных контактов и протереть их салфеткой, смоченной бензином или спиртом
	Ослаблено нажатие контактов контактора или подвижного контакта реостата	Проверить нажатие контактов и при необходимости отрегулировать

§ 45. Ремонт контакторов и магнитных пускателей

Т а б л и ц а 124. Разные указания

Объект или операция	Указание	Дополнение и пояснение
Контакты	Форму контактов принимают по заводским чертежам. Изменяют форму контактов, опиливая их бархатным напильником. Износившиеся серебряные контакты заменяют новыми, запасными	Новые контакты изготовляют из неотожженной профильной меди. Контакты, имеющие приваренные серебряные пластинки или покрытия из сплавов на основе серебра, заменять медными нельзя во избежание ухудшения качества контакта

Объект или операция	Указание	Дополнение и пояснение
	Конечное нажатие измеряют при включенном контакторе динамометром и полоской бумаги, проложенной между подвижными и неподвижными контактами. Начальное нажатие измеряют при отключенной тяговой катушке. Оно создается пружиной контактора в точке начального соприкосновения контактов Регулировка нажатия контактов осуществляется натяжением или ослаблением контактной пружины. Если регулировкой не удастся получить нужного нажатия, пружину необходимо сменить Растворы и провалы контактов должны соответствовать заводским данным	Величина конечного нажатия будет отмечена динамометром в тот момент, когда бумажка начнет свободно вытягиваться из сомкнутых контактов. Величина начального нажатия контактов определяется аналогично Пружину нельзя доводить до положения, при котором между ее витками не будет зазоров Раствор между контактами обеспечивает гашение дуги, а провал необходим для надежного замыкания контактов
Якорь и сердечник	Прилегание якоря к сердечнику должно быть достаточно плотным во избежание дребезжания и перегрева тяговой катушки. При неудовлетворительном состоянии стыка поверхности соприкосновения пришабровывают	Стык между якорем и сердечником проверяют, замыкая от руки контакты, между которыми проложен листок папиросной бумаги с листком копировальной бумаги. Прилегание считается удовлетворительным, если полученный отпечаток составляет не менее 70 % площади поперечного сечения контакта
Катушки	При определении характера повреждения катушек следует обратить внимание на состояние каркаса, обрывы и витковые замыкания в катушках	При обрыве катушка не развивает тягового усилия и не потребляет тока. Витковые замыкания характеризуются ненормальным нагревом катушки и уменьшением силы ее тяги

Объект или операция	Указание	Дополнение и пояснение
	К изготовлению катушки приступают, имея обмоточные данные (число витков, марку и диаметр провода) и приготовив каркас из пластмассы или электрокартона. При изготовлении бескаркасной катушки используют временный каркас, размеры которого соответствуют внутренним размерам катушки На изготовленную катушку накладывают наружную изоляцию из хлопчатобумажной ленты или лакоткани. Затем катушка сушится, пропитывается лаком, запекается и покрывается эмалью	Намотку производят проводом, один конец которого предварительно припаивают к выводному концу катушки. Каждый слой обмотки изолируют от предыдущего. Закончив намотку, второй конец обмоточного провода изолируют и укрепляют на катушке Перед установкой катушки в аппарат проверяют ее целость и отсутствие в ней короткозамкнутых витков
Короткозамкнутый виток	Лопнувший виток заменяют новым	Изменение материала или параметров, сечения или длины витка недопустимо, так как приводит к повышенному гудению контактора и сильному нагреву витка
Дугогасящие камеры	Прогоревшие и деформированные стенки камер заменяют новыми, изготовленными из асбестоцемента или фибровых плит	Если требуемых плит нет, выгоревшие места замазывают смесью асбеста, цемента и воды, очистив предварительно ремонтируемые участки от грязи и гари
Испытания	Отремонтированный аппарат после сборки и регулировки подвергают испытаниям	В испытание входят: технический осмотр; проверка втягивающих катушек; проверка действия механизмов включения и блокировки; испытания электрической прочности изоляции

**Т а б л и ц а 125. Контрольные данные контактов
магнитных пускателей серии ПА**

Показатель	Технические данные для пускателей ПА величины			
	3	4	5	6
Ход якоря (среднее значение), мм .	14	18	20	25
Главные контакты, мм:				
раствор (не менее)	3	3	4	4
провал	2,2	3	4	4
Блок-контакты, мм:				
раствор (не менее)	4,5	3	3	3
провал	2	2,5	2,5	2,5
Нажатие пружины главных контак- тов, Н:				
начальное	—	13	23	34
конечное	—	19	33	51
Нажатие возвратной пружины, Н:				
начальное	—	14	16	28
конечное	—	15	19	37
Нажатие контактной пружины блок- контактов, Н:				
начальное	—	1,3	1,3	1,3
конечное	—	2	2	2
Нажатие возвратной пружины блок- контактов, Н:				
начальное	—	3	3	3
конечное	—	4	4	4

Т а б л и ц а 126. Обмоточные данные втягивающих катушек магнитных пускателей серии П

Величина пускателя	Серия	Напряжение катушки, В	Диаметр провода, мм	Число витков	Рабочий ток катушки, А	Омическое сопротивление при 20 °С, Ом	Активная мощность, Вт
2	П-200	127 220 380 500	0,25 0,20 0,15 0,13	1500 2500 4350 5650	0,18 0,11 0,06 0,05	70 167 470 750	7
3	П-300	127 220 380 500	0,38 0,29 0,23 0,20	1130 1950 3380 4450	0,54 0,31 0,18 0,13	6 17,5 53 95	12
4	П-400	127 220 380 500	0,83 0,64 0,47 0,44	490 850 1470 1935	0,82 0,47 0,27 0,21	3,2 9,5 28 49	20
5	П-500	127 220 380 500	1,16 0,85 0,64 0,59	400 700 1200 1580	1,10 0,65 0,35 0,28	1,7 5,1 15 26	28
2	ПМЕ-200	127 220 380 500	0,31 0,23 0,18 0,16	1560 2700 4660 6140	0,25 0,14 0,08 0,062	41,2 130 365 610	6—8

Г Л А В А IX. РЕМОНТ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

§ 46. Общие сведения

Значительное количество отказов силовых трансформаторов происходит из-за дефектов изготовления и неудовлетворительной эксплуатации (более 50 % всех отказов). Элементами, определяющими надежность трансформатора, являются обмотки и выводы (более 60 % всех отказов).

К основным эксплуатационным причинам, приводящим к повреждениям (отказам) трансформаторов, следует отнести: загрязнение выводов, трещины на изоляторах, ухудшение качества масла, ослабления контактов выводов в месте присоединения обмоток, неудовлетворительные контакты в месте соединения вводной шпильки и

шины, повреждение бака и утечки масла, недопустимые перегрузки и др.

Основными дефектами, возникающими при изготовлении трансформаторов, являются: неудовлетворительное качество изоляции, обрывы в месте присоединения обмоток, механические повреждения переключающего устройства и повышенный нагрев в месте его соединения и гибкой связи и др. Остальные причины отказов трансформаторов малочисленны и происходят в основном из-за неудовлетворительного монтажа и ремонта.

Сведения, необходимые для ремонта трансформаторов без их полной разборки, приведены ниже.

Вводы и зажимы. Трансформаторы мощностью более 25 кВ·А допускают замену вводов без съема крышки и слива масла ниже прессующих колец. Трансформаторы напряжением до 35 кВ снабжены съёмными вводами с фарфоровыми изоляторами, приведенными в табл. 127 и на рис. 10.

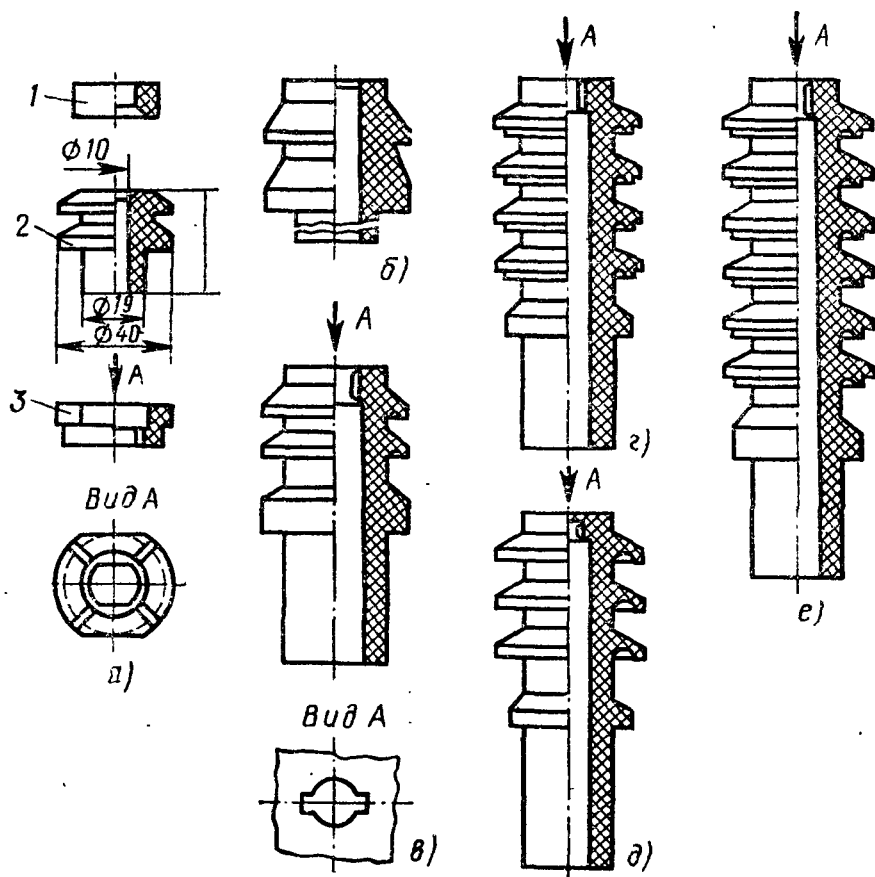


Рис. 10. Фарфоровые изоляторы для съёмных вводов:

а, б, в — изоляторы на напряжение 0,5; 1 и 6—10 кВ, г, д — изоляторы для усиленных 10 и 20 кВ и нормальных вводов 20 и 35 кВ соответственно, е — изолятор для усиленного ввода 35 кВ;
1 — шайба, 2 — изолятор, 3 — втулка

Т а б л и ц а 127. Вводы трансформаторов до 35 кВ

Тип изолятора	Разрушающее усилие на изгиб, Н (кгс), не менее	Масса, кг	Конструктивное исполнение
ПНТ-0,5/100	—	0,1	См. рис. 10, а
ПНТ-1/250	—	0,4	См. рис. 10, б
ПНТ-1/400	—	0,7	
ПНТ-1/630	—	0,7	
ПНТ-1/1000	—	1,2	
ПНТ-1/1600	—	1,0	
ПНТ-1/2000	—	1,6	
ПНТ-1/3200	—	2,6	
ПНТ-6-10/250	3920 (400)	2,2	См. рис. 10, в
ПНТ-10/400	6860 (700)	3,5	
ПНТ-10/630	6860 (700)	3,5	
ПНТ-10/1000	9800 (1000)	5,5	
ПНТ-10/3200	12 250 (1250)	7,0	
ПНТУ-10/250	3430 (350)	3,0	См. рис. 10, г
ПНТУ-10/400	4900 (500)	4,5	
ПНТУ-10/630	4900 (500)	4,5	
ПНТУ-10/1000	7350 (750)	6,0	
ПНТУ-10/3200	9800 (1000)	9,0	
ПНТ-20/250	4900 (500)	6,0	
ПНТ-20/400	5880 (600)	6,3	
ПНТ-20/630	5880 (600)	6,3	
ПНТ-20/1000	7350 (750)	8,5	
ПНТ-20/3200	9800 (1000)	10,0	
ПНТУ-20/250	4900 (500)	8,6	См. рис. 10, д
ПНТУ-20/400	4900 (500)	8,5	
ПНТУ-20/630	4900 (500)	8,4	
ПНТУ-20/1000	7350 (750)	10,4	
ПНТУ-20/3200	9800 (1000)	12,5	
ПНТ-35/400	4900 (500)	16,2	
ПНТ-35/630	4900 (500)	16,0	
ПНТ-35/1000	4900 (500)	15,9	
ПНТ-35/3200	7350 (750)	17,0	
ПНТУ-35/400	3430 (350)	17,6	См. рис. 10, е
ПНТУ-35/630	3430 (350)	17,4	
ПНТУ-35/1000	3430 (350)	17,2	
ПНТУ-35/3200	5390 (550)	24,0	

П р и м е ч а н и е. В качестве примера расшифруем одно из обозначений изолятора, например ПНТУ-10/630: фарфоровый проходной для съемных трансформаторных вводов на 10 кВ и 630 А усиленного исполнения для наружной установки.

Контактные поверхности зажимов и вводов. Эти поверхности должны быть без трещин, раковин, заусенцев и других дефектов и иметь надежное противокоррозионное покрытие. Зажимы комплектуются соответствующими болтами и гайками, а также шайбами, препятствующими самоотвинчиванию гаек.

Расширители. Для защиты масла от непосредственного соприкосновения с окружающим воздухом расширитель снабжен воздухоосушителем. Расширитель сообщается с баком трансформатора трубой, не выступающей ниже внутренней поверхности крышки трансформатора и заканчивающейся внутри расширителя выше его дна, чтобы исключить попадание осадков масла в бак. Внутреннюю поверхность расширителя покрывают защитной краской, предохраняющей масло от соприкосновения с металлической поверхностью, а расширитель от коррозии. В трансформаторах до 1000 кВ·А включительно расширитель снабжен пробкой для заливки масла.

Арматура. Масляные трансформаторы имеют арматуру для заливки, отбора, слива и фильтрации масла. Арматура (кран) для отбора масла, находящаяся в нижней части бака, позволяет отбирать пробу на высоте не более 10 мм от дна бака трансформатора. Кран, изготовленный в поворотном исполнении с указанием положения с отверстием в рукоятке для опломбирования, рассчитан на плавную регулировку струи масла. Кроме того, в трансформаторах имеются кран в нижней части бака для заливки и слива масла; кран или пробка в верхней части бака для задувки инертным газом и измерения давления в баке; пробка на дне бака для слива остатков масла.

Приборы контроля уровня и температуры масла. Трансформаторы имеют маслоуказатели, обычно расположенные на расширителях со стороны низкого напряжения.

Маслоуказатели позволяют менять стеклянную трубку без слива масла из расширителя. На масляных трансформаторах мощностью 1 МВ·А и более устанавливают манометрические сигнализирующие термометры с двумя переставными контактами, предназначенными для замыкания и размыкания электрической цепи включения сигнализации или устройств охлаждения.

Защитные устройства. Масляные трансформаторы мощностью 1 МВ·А и более, имеющие расширитель, снабжают газовым реле, реагирующим на повреждения внутри бака трансформатора. Реле имеет смотровое окошко с рисками для наблюдения и визуального контроля уровня выделившегося газа, устройство для отбора пробы газа, а также две пары контактов для работы в цепях сигнализации и отключения трансформаторов. В цепи сигнализации работает контакт, который реагирует на выделение газа в баке трансформатора, вызывающее снижение объема масла в корпусе реле на $400 \text{ см}^3 \pm 20 \%$.

Элемент газового реле, реагирующий на ускоренное протекание масла из бака трансформатора в расширитель или снижение уровня масла в корпусе реле до нижней точки отверстия для входа масла, имеет контакты в цепи отключения. У газовых реле есть элементы, реагирующие на ускоренное перетекание масла из бака в расширитель, с фиксированными уставками скоростей 0,6; 0,9; 1,2 м/с. Контакты реле не должны срабатывать при обратном протекании масла из расширителя в бак при скорости, равной 1,5-кратной уставки. Время срабатывания реле не превышает 0,1 с. Элементы реле и весь механизм самовозвращаются в исходное положение после восстановления условий нормальной работы трансформатора. Зажимы реле имеют следующие обозначения: 1; 2 — отключающий элемент; 3; 4 — сигнальный элемент.

На трансформаторах устанавливают следующие газовые реле: поплавковое ПГ-22, чашечное РГЧЗ-66 и Бухгольца (производство ГДР). Масляные трансформаторы мощностью 1 МВ·А и более с расширителем снабжены одним защитным устройством (выхлопная труба со стеклянной диафрагмой или реле давления), предупреждающим повреждение бака при внезапном повышении внутреннего давления более 50 кПа. Защитное устройство при срабатывании должно направлять масло вниз, причем оно не должно попадать на лестницу для обслуживания газового реле.

Техническая характеристика трансформаторов, необходимая для транспортировки, приведена в табл. 128.

**Т а б л и ц а 128. Габаритные размеры
и масса герметичных трансформаторов***

Тип трансформатора	Номинальная мощность, кВ·А	Габаритные размеры, мм, не более			Полная масса, кг, не более
		полная высота	длина	ширина	
ТМЗ ТНЗ	250	1750	1800	1400	1700 2000
ТМЗ ТНЗ	400	1860	2000	—	2100 2600
ТМЗ ТНЗ	630	2000	2190	—	2900 3400
ТМЗ ТНЗ	1000	2300	2320	1500	4500 5600
ТМЗ ТНЗ	1600	2700	2560	1600	6500 8000
ТМЗ ТНЗ	2500	2900	2900	1800	10 000 12 000

* Для трансформаторов с номинальным высоким напряжением 6 и 10 кВ.

Примечание. Для трансформаторов с негорючим жидким диэлектриком полная масса указана при заполнении совтолом 10.

§ 47. Приемка в ремонт, разборка и выявление дефектов трансформаторов

Поступивший в ремонт трансформатор прежде всего осматривают. Определяют наличие масла, проводят испытания трансформатора на пробой, делают сокращенный химический анализ масла. При необходимости выполняют электрические измерения изоляции обмоток, проверяют группу соединения, определяют коэффициент трансформации и проводят другие испытания.

Т а б л и ц а 129. Виды повреждений трансформаторов и способы их выявления

Вид повреждения	Признак	Возможная причина	Способ выявления
Магнитопровод			
Дефектность межлистовой изоляции	Ухудшение состояния масла (понижение температуры вспышки, повышение кислотности, понижение пробивного напряжения); увеличение потерь холостого хода	Старение межлистовой изоляции, отдельные местные дефекты	Внешний осмотр при вынутой активной части. Испытания: замер потерь холостого хода, напряжений между крайними листами и пакетами, сопротивлений постоянному току межлистовой изоляции
Пожар в стали	Появление газа в газовом реле и работа газовой защиты на сигнал; понижение температуры вспышки масла; специфический резкий запах и темный цвет масла вследствие его разложения	Повреждение изоляции шпилек, дающее короткозамкнутый контур Местное повреждение межлистовой изоляции, вызывающее замыкание листов стали Неправильное выполнение заземления, возникновение короткозамкнутого контура и др.	То же
Местное замыкание листов стали	Появление горючего черного газа в газовом реле в результате местного перегрева и разложения масла	Наличие каких-либо постоянных металлических или токопроводящих частиц, замыкающих в данном месте листы стали	Внешний осмотр при вынутой активной части

Вид повреждения	Признак	Возможная причина	Способ выявления
Повышенное гудение, дребезжание у шихтованного магнитопровода	—	Ослабление прессовки магнитопровода Разбалчивание и свободное колебание крепящих деталей Колебание отстающих крайних листов стали в стержнях или ярмах Повышенное против номинального первичное напряжение	Внешний осмотр при вынутой активной части и проверка состояния прессующих и крепящих магнитопровод деталей, а также наличие отставания крайних листов в стержнях или ярмах
Недопустимое гудение у стыкового магнитопровода	—	Ослабление прессовки стыков. Пробой или разрушение изолирующих прокладок в стыках	Внешний осмотр при вынутой активной части и проверка состояния стыков, а также изолирующих прокладок в стыках
Обрыв заземления	Потрескивание внутри трансформатора при повышенном напряжении	—	Внешний осмотр при вынутой активной части и проверка состояния заземления
Обмотки			
Витковое замыкание	Работа газовой защиты на отключение — горючий газ бело-серого или синеватого цвета. Сильный нагрев, иногда с характерным бульканьем масла. Неболь-	Разрушение витковой изоляции вследствие старения, длительных перегрузок или недостаточного охлаждения Механические повреждения изоляции витков при коротких	Внешний осмотр активной части. Испытания: замер сопротивлений постоянному току; прожиг обмотки для обнаружения места виткового замыкания путем подвода к обмотке

Пробой на корпус	шее увеличение первичного тока	замыканиях или других аварийных режимах	пониженного напряжения (10—20 %) U_n . Появление дыма в месте повреждения То же
Междуфазное короткое замыкание	Работа газовой защиты	Обнажение обмоток вследствие понижения уровня масла Повреждение главной изоляции в результате старения или наличия трещин, отверстий, изломов и т. п. Увлажнение масла, изоляции	Проверка мегаомметром изоляции между обмотками и корпусом; испытание масла на химический анализ и пробой; внешний осмотр при вынутой активной части Внешний осмотр при вынутой активной части. Проверка мегаомметром

Переключатели

Оплавление или выгорание контактных поверхностей	Работа газовой защиты	Дефекты конструкции или сборки (недостаточное нажатие контактов и упругость нажимных пружин)	Внешний осмотр при вынутой активной части. Проверка мегаомметром (при наличии обрыва)
Перекрытия между фазами или отдельными ответвлениями. (Дефект аналогичен междуфазному короткому замыканию обмоток.)	Работа газовой, дифференциальной и максимальной защит. Выброс масла через выхлопную трубу	Перенапряжения. Проникновение влаги внутрь трансформатора. Дефекты в изолирующих частях (трещины, изломы и т. п.)	Внешний осмотр при вынутой активной части. Проверка мегаомметром

Вид повреждения	Признак	Возможная причина	Способ выявления
Вводы			
Пробой на корпус	Действие максимальной или дифференциальной защиты	Наличие трещин в изоляторе. Понижение уровня масла при загрязненной внутренней поверхности изолятора	Внешний осмотр. Отсоединение ввода и проверка его изоляции мегаомметром
Перекрытие между вводами	То же	Набросы посторонних предметов на вводы	Внешний осмотр
Течь масла в местах уплотнений	—	Ослабление затяжки болтов, дефект уплотняющей прокладки	То же
Течь масла в армировке ввода	—	Дефекты в армировке (трещины и др.). Дефекты в пайке колпачка со шпилькой	»
Бак, радиаторы, расширитель			
Течь масла в местах уплотнений и сварных швах	—	Ослабление затяжки болтов. Дефект уплотняющих прокладок	Внешний осмотр
Масло			
Ненормальное повышение температуры масла и нагрев	—	Неисправность в системе охлаждения (например, закрыты радиаторные краны, вышли из строя дутьевые вентиляторы и др.). Перегрузка	Проверка работы системы охлаждения. Проверка нагрузки, а также соответствия (по записям в журнале) температуры масла данной нагрузке.

		Внутренние повреждения в трансформаторе	Ослабление крепления активной части
		Газовая защита	
Работа на сигнал	—	Медленное понижение уровня масла	Анализ газов: на количество, запах, горючесть (если газ без цвета, запаха и не горит, то реле сработало из-за попадания воздуха; если газ горит — внутреннее повреждение)
Работа на отключение	—	Резкое понижение уровня масла Внутренние повреждения, сопровождаемые сильным выделением горючих газов	Анализ газов и масла Внешний осмотр и выяснение причины резкого снижения уровня масла

Т а б л и ц а 130. Неисправности трансформаторов, выявляемые при испытаниях

Испытание	Данные замера	Возможная неисправность	Способ выявления
Измерение сопротивления изоляции обмоток по отношению к корпусу и между собой мегаомметром 2500 В То же	Сопротивление изоляции равно нулю Недостаточность сопротивления изоляции или снижение ее по сравнению с	Пробой на корпус или между обмотками Увлажнение изоляции	Разборка и осмотр обмотки и изоляции Определение мегаомметром 2500 В коэффициента абсорбции $R_{60''}/R_{15''}$ (удовлетвори-

Испытание	Данные замера	Возможная неисправность	Способ выявления
Измерение сопротивления между линейным вводом и нулем при соединении звездой или между началом и концом обмотки мегаомметром 1000 или 2500 В Измерение сопротивления постоянному току каждой обмотки при всех положениях переключателя с помощью моста Опыт короткого замыкания	предыдущими замерами при той же температуре более чем на 40 % Разница в сопротивлениях изоляции одной из обмоток, а также между обмотками Мегаомметр показывает вместо нуля бесконечность или иную величину Значительный разброс показаний на разных ступенях переключателя Завышенное напряжение короткого замыкания	Повреждение изолятора ввода Обрыв или плохой контакт в цепи обмотки Плохой контакт в переключателе. Неправильное присоединение отводов к переключателю Плохой контакт на вводах, в переключателе или в схеме	тельное значение при $t=10+30^{\circ}\text{C}$ и напряжении до 35 кВ — не менее 1,3) Отсоединение вводов от обмоток и замер мегаомметром отдельно сопротивления изоляции обмоток и каждого ввода по отношению к корпусу Замер сопротивлений постоянному току во всех положениях переключателя Осмотр при вынутой активной части состояния контактов переключателя, а также проверка правильности присоединения регулировочных ответвлений к переключателю Замер сопротивления постоянному току во всех положениях переключателя с присоединенными и отсоединенными вводами

Т а б л и ц а 131. Разборка силового трансформатора

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Подготовка подъемных приспособлений	Проверить целостность и прочность подъемных крюков (приспособлений)	Обратить внимание на соответствие массы трансформатора грузоподъемности подъемного механизма

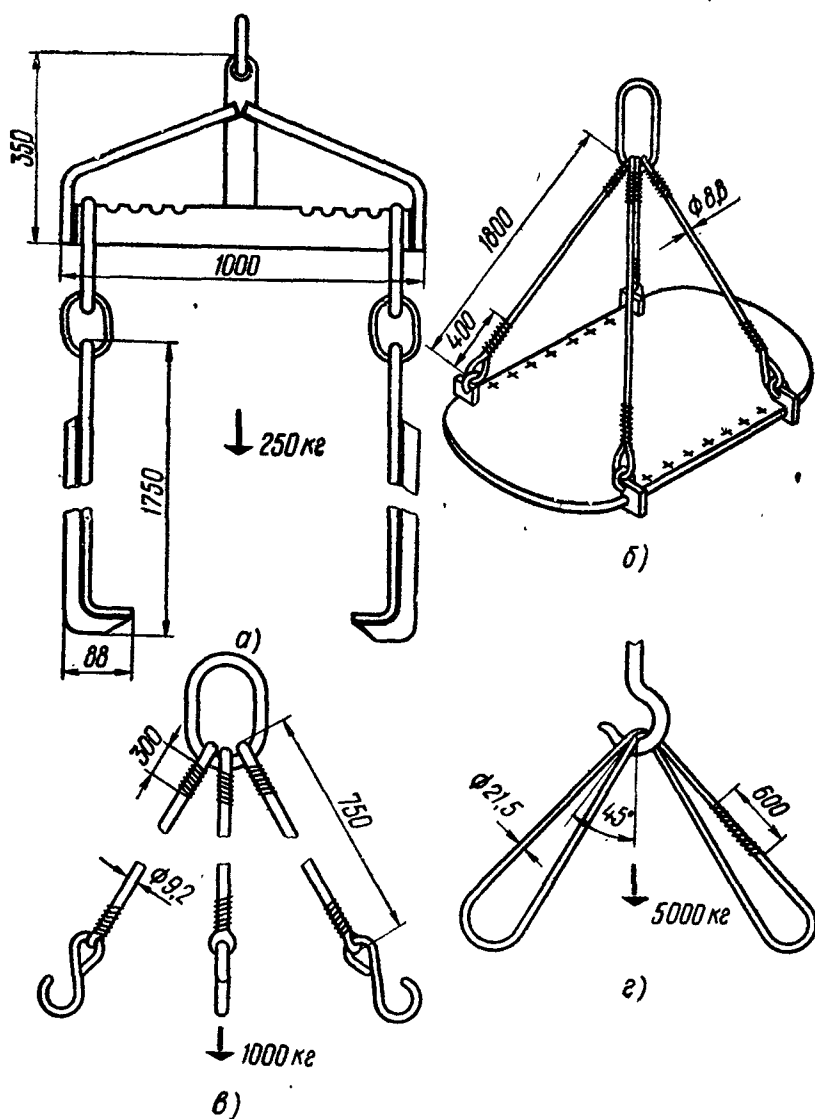


Рис. 11. Приспособления:

а, б — для подъема обмоток и крышек, в, г — чалки с крюками и тросами

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Слив масла	Установить трансформатор на сливную решетку. Ослабить гайки у сальникового фланца сливного крана, повернуть пробку крана на $40 - 45^\circ$, направить струю масла на решетку или через шланг в отдельную тару	Слить масло частично, если оно пригодно для дальнейшей эксплуатации, или полностью, если по результатам анализа масло признано непригодным
Подъем активной части*	Отвинтить гайки с болтов, крепящих крышку к борту бака, вынуть болты, навернуть на них гайки и сложить в тару	Для подъема используют приспособления (рис. 11). Активная часть должна висеть на крюке строго вертикально, без наклонов и перекосов
Демонтаж арматуры с крышки	Отвернуть гайки, крепящие фланец расширителя, и гайки маслопровода к расширителю, затем гайки, крепящие заливной кран, термометр, крышки люков	Болты, винты, шпильки следует комплектовать и складывать в отдельную тару
Подготовка к разборке активной части	Установить активную часть на стеллаж. Заэскизировать расположение отводов, замаркировать отводы обмоток и переключателя ответвлений	К концам отводов прикрепляют бирки с соответствующими номерами

* Если крышка с активной частью не связана, демонтируют все элементы, установленные на ней: съёмные вводы и привод переключателя ответвлений. После снятия крышки разбирают узлы крепления активной части и поднимают ее.

Примечание. В дальнейшем выполняют следующие операции: демонтаж отводов и переключателя, съём верхних ярмовых балок и расшихтовку верхнего ярма, снятие обмоток, внешний осмотр магнитопровода.

Таблица 132. Определение состояния изоляции обмоток трансформаторов*

Класс состоя- ния изоляции	Характеристика трансформатора	Механические свойства			Цвет изоляции провода	Заключение о сос- тоянии изоляции
		электрокартона	хлопчатобумажной ленты	бумажной изоляции		
0	Новый, не быв- ший в работе, или отремонтирован- ный с заменой об- моток	Не хрупкий, при изгибе под углом 180° (но без сдав- ливания места из- гиба) не ломается и трещин не дает	Крепкая, при натяжке не рас- ползается и не рвется	Крепкая, не хруп- кая; покрытая ла- ком — эластичная; при царапании ногтем не разрушается; с провода снимается трудно; снятая с про- вода при изгибе не ломается	Светлый	Отличная, при- годная к эксплуа- тации
1	Работал не- сколько лет при нормальных усло- виях эксплуата- ции	Не хрупкий, при изгибе под углом 90° не ломается и трещин не дает, при изгибе на 180° не ломается, но дает мелкие тре- щины	Крепкая, при натяжке не рас- ползается и не рвется	Крепкая, не хруп- кая; покрытая ла- ком — эластичная; при царапании ногтем не разрушается; с провода снимается трудно; снятая с про- вода при изгибе не ломается	Светлый	Хорошая, при- годная к дальней- шей эксплуатации
2	Работал дли- тельно при нор- мальных условиях эксплуатации	Не хрупкий, при изгибе под углом 90° не ло- мается, но дает мелкие трещины	То же	Крепкая, твердая; покрытая лаком — эластичная; при ца- рапании ногтем не разрушается; с про- вода снимается легко;	Потем- невший	Удовлетвори- тельная, пригод- ная к дальнейшей эксплуатации

Класс состоя- ния изоляции	Характеристика трансформатора	Механические свойства			Цвет изоляции провода	Заключение о состоя- нии изоляции
		электрокартона	хлопчатобумажной ленты	бумажной изоляции		
3	Работал с ча- стыми перегруз- ками, в тяжелых несимметричных режимах или при нарушении пра- вил эксплуатации	Хрупкий, при из- гибе под углом 90° ломается	Слабая, при на- тяжке расплзает- ся и рвется	снятая с провода при изгибе не ломается, но дает мелкие тре- щины Крепкая; покры- тая лаком — эластич- ная; при царапании ногтем не разруша- ется; с провода сня- вается трудно; сня- тая с провода при изгибе не ломается	Светлый	Удовлетвори- тельная, требует замены электро- картона и хлопча- тобумажной лен- ты и после этого пригодна к даль- нейшей эксплу- атации
4	Близок конец срока службы или работал в недопу- стимо тяжелых условиях	Хрупкий, при изгибе под углом 90° ломается	Слабая, при на- тяжке расплзает- ся и рвется	Слабая, при цара- пании ногтем разру- шается; с провода снимается легко; снятая с провода при изгибе ломается	Темный	Плохая, к даль- нейшей эксплу- атации непригод- на

* Если при осмотре изоляцию не удастся отнести к определенному классу состояния, производят «отбор пробы» изоляции, т. е. срезают весь ее слой до проводника. Пробу проверяют на механические свойства.

Изучают эксплуатационно-техническую документацию, обращая внимание на сведения о работе и дефектах трансформатора в эксплуатации, технические условия ремонта и особые требования, предъявляемые заказчиком.

Составляют приемо-сдаточную документацию с приложением ведомости дефектов и оформляют заказ. В документах записывают номер заказа, паспортные данные, требования заказчика, результаты внешнего осмотра, проверочных испытаний и измерений; в эти же документы вносят все дефекты, обнаруженные в дальнейшем процессе разборки трансформатора. Определяют объем ремонтных работ.

При разборке и осмотре деталей и узлов трансформатора определяют их годность или возможность использования при условии восстановления.

Технологические операции и приемы при ремонте определяются внутрицеховыми инструкциями. Строгое соблюдение технологической дисциплины и правил, предусмотренных инструкциями, является неперенным условием высокого качества ремонта и минимальных затрат средств и времени. Правила разборки трансформаторов и основные их дефекты приведены в табл. 129—132.

§ 48. Ремонт наружных узлов трансформаторов

Ремонт вводов. В эксплуатации находится большое количество трансформаторов с вводами армированной конструкции, технология ремонта которых приведена в табл. 133.

Замена армированных конструкций вводов на съемные связана с реконструкцией крышки и изготовлением ряда деталей крепления.

Т а б л и ц а 133. Ремонт фарфоровых вводов

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Осмотр	Проверить состояние фарфора, фланца, колпачка и шпилек, а также на отсутствие течи масла из-под армировки, шапки изолятора	Переармировке подлежат вводы, имеющие поволотость фарфора или царапины (глубиной более 0,5 мм), ожоги на глазури от электрической дуги, течь масла, трещину фланца, обоймы или колпачка
Разармирование	Ввод помещают в термощкаф и нагревают до 400—500 °С	Через 1—2 ч армировочная замазка рассыхается и фланец свободно отделяется от изолятора
Армирование	Изолятор и фланец (обойму) закрепляют в приспособлении и заливают армировочной замазкой (рис. 12), состав которой приведен в табл. 134	После заливки поверхность замазки покрывают эмалью 624 или лаком 1201

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Испытания	Герметичность проверяют трансформаторным маслом с температурой 60—70°C в течение 1 ч при избыточном давлении 0,15—0,2 МПа	Для испытания используют гидравлический пресс
	Электрическое испытание на пробой производят повышенным напряжением переменного тока в течение 1 мин	Испытательное напряжение, кВ, для вводов: 6 кВ — 32, 10 кВ — 42 -

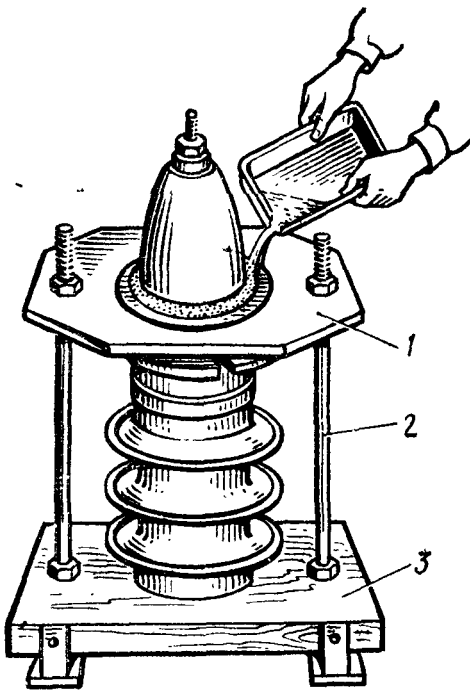


Рис. 12. Приспособление для установки ввода и заливка замазки:

1, 3 — верхняя и нижняя пластины приспособления, 2 — стяжные шпильки

Фарфоровые покрывки вводов, имеющие сколы ребер общей площадью не более 0,05—0,075 % общей поверхности фарфора, могут быть временно установлены на трансформатор. При этом по вертикальной прямой покрывки не должно быть более двух сколов.

Место повреждения покрывки очищают от загрязнений, обезжиривают ацетоном и покрывают эпоксидным лаком. Вместо лака можно применять клей БФ-4. На поврежденную поверхность наносят кистью не менее трех слоев лака или клея, тщательно просушивая каждый нанесенный слой. Повреждения глазури фарфоровых покрывок устраняют аналогично повреждениям ребер.

Т а б л и ц а 134. Армировочные замазки

Наименование	Компоненты		Соотношение наполнителя и растворителя по массе	Время	
	наполнитель	растворитель		схватывания	полного затвердевания
Глето-глицериновая	Глет свинцовый (желтый или красно-желтый)	Глицерин	100:27	15—30 мин	Около 24 ч
Магнезиальная	Магнезит каустический и фарфоровая мука (в соотношении по массе 37 : 17)	Хлористый магний	54:46	6—7 ч	Около 48 ч
Глиноземисто-цементная	Цемент глиноземистый 400 или 500 и фарфоровая крошка — кварцевый песок (в соотношении по массе 2 : 1)	Вода	100: (32—36)* 100: (23—28)**	Около 48 ч	15—20 сут

* Применяется для армирования фланцев изоляторов.

** Используются для армирования колпаков изоляторов.

Ремонт переключателей (рис. 13). Поверхности контактов, имеющие желтый налет (тонкую пленку), промывают ветошью, смоченной бензином, ацетоном или трихлорэтиленом. Зачищать пленку стеклянными шкурками нельзя, поскольку повреждается пленка гальванического покрытия, имеющая толщину не более 20 мкм.

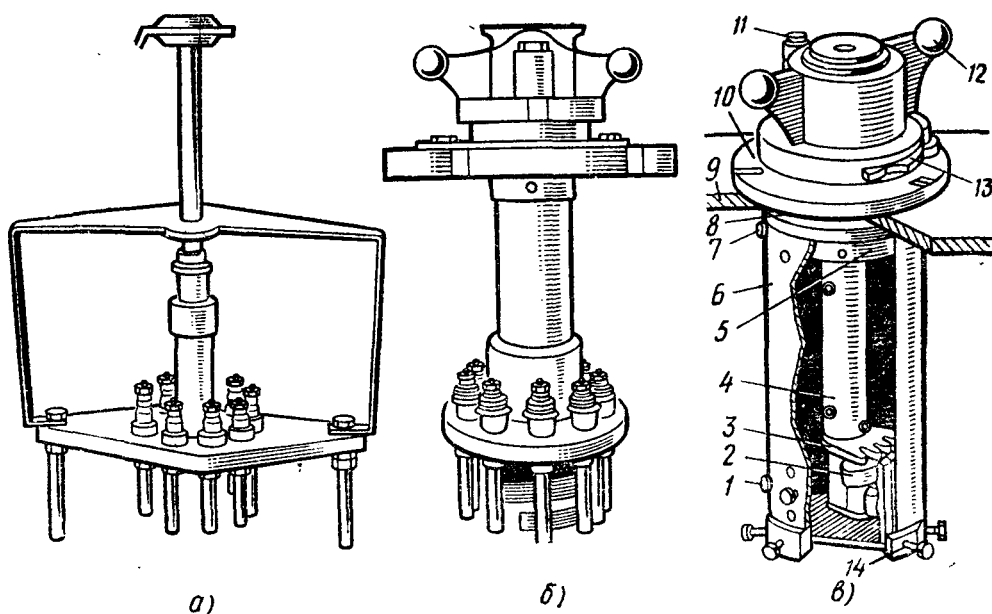


Рис. 13. Переключатели отводов обмоток для регулирования напряжения трансформаторов:

а — ТПСУ-9-120/6, *б* — ТПСУ-9-120/11, *в* — ТПСУ-9-120/10; 1, 7 — болты для крепления цилиндра, 2 — сегментный контакт, 3 — коленчатый вал, 4, 6 — бумажно-бакелитовые трубка и цилиндр, 5, 10 — фланцы цилиндра и переключателя, 8 — резиновое уплотнение, 9 — крышка трансформатора, 11 — стопорный болт, 12 — колюк привода, 13 — указатель положения переключателя, 14 — неподвижный контакт с болтом

Если на контактных деталях имеются подгары, необходимо не только их устранить (заменив или отремонтировав эти детали), но и выявить причины появления подгаров, которыми могут быть осадки или поломка пружины, а также износ деталей кинематики. Нажатие в контактах должно быть в пределах, указанных в документации на трансформатор. Если этих данных нет, руководствуются примерными нормами: для кольцевых контактов минимальное усилие нажатия одного кольца должно составлять 15 Н (1,5 кгс), для сегментных контактов — 50 Н (5 кгс) для одного сегмента. Точные измерения усилий контактных нажатий производят с помощью динамометра или специальных приборов с тензометрическими датчиками. Работу устройства опробуют при переключении на всех положениях: для переключения должно быть достаточно усилия руки 50—60 Н (5—6 кгс).

Изоляционные конструкции переключающихся устройств сушат вместе с активной частью, а затем покрывают маслостойким лаком.

Ремонт расширителей (рис. 14). Ремонт расширителя трансформатора современной конструкции заключается в его разборке — съеме дна, чистке и окраске внутренней и наружной поверхностей,

замене уплотнений, осмотре маслоуказателя 1, чистке всех элементов воздухоосушителя 3 и замене сорбента.

При ремонте трансформаторов старой конструкции необходимо выполнить модернизацию расширителя, которая включает: устройство съемного дна для периодической чистки внутренней поверхности расширителя; замену трубы, соединяющей расширитель с баком трансформатора (если ее патрубок недостаточно выступает во внутреннюю поверхность расширителя); установку воздухоосушителя; перенесение контрольных меток уровня масла. Общие указания по ремонту расширителя приведены в табл. 135.

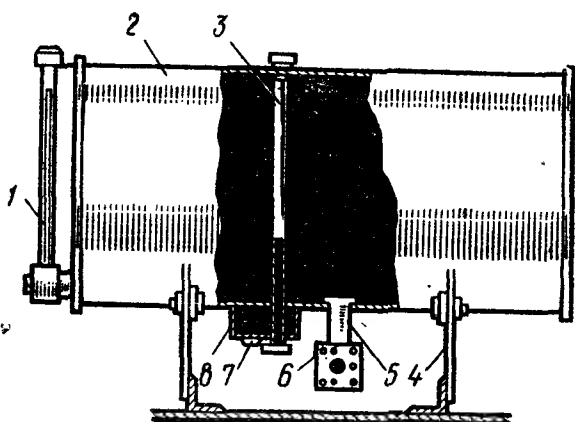


Рис. 14. Расширитель:

1 — маслоуказатель, 2 — корпус расширителя, 3 — воздухоосушитель, 4 — кронштейн, 5 — патрубок, 6 — фланец для присоединения газового реле, 7 — пробка для спуска грязи из отстойника, 8 — отстойник

Т а б л и ц а 135. Ремонт расширителя

Дефект	Указание	Дополнение и пояснение
Загрязнение или коррозия наружной поверхности	Очистить расширитель металлической щеткой и протереть насухо чистой ветошью	—
Загрязнение внутренней поверхности	Снять дно. Очистить внутреннюю поверхность от коррозии и шлака и окрасить эмалью 624С или 1201	После чистки поверхность протирают ветошью, смоченной в бензине. Если коррозия незначительна, расширитель промывают и несколько раз ополаскивают чистым маслом
Отрыв скобы маслоуказателя или патрубка	Очистить поверхность, подлежащую приварке, и приварить к корпусу расширителя скобу, штуцер маслоуказателя, патрубок	Сварку производят ацетилено-кислородным пламенем. Патрубок, соединяющий расширитель с кожухом трансформатора, должен выступать на высоту h (рис. 15 и табл. 136)

Дефект	Указание	Дополнение и пояснение
Загрязнение и повреждение масломерного стекла	Вывернуть внутреннюю пробку маслоуказателя, вынуть масломерное стекло, очистить его или заменить новым	Чистку производят тряпкой, смоченной сухим трансформаторным маслом
Стирание контрольных отметок маслоуказателя	Нанести новые отметки на расширитель у маслоуказательного стекла	Отметки наносят цинковыми белилами на высоте h_1 , h_2 и h_3 (рис. 15 и табл. 136)

Т а б л и ц а 136. Контрольные отметки уровней масла для расширителей*

Диаметр расширителя d , мм	Высота отметок, мм (см. рис. 15)			
	h	h_1	h_2	h_3
200	30	50	100	115
250	30	50	120	150
310	30	50	150	190
470	50	80	230	290

* Для трансформаторов до 1000 кВ·А.

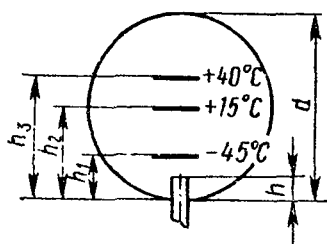


Рис. 15. Контрольные отметки уровней масла в расширителях

Ремонт бака, арматуры и радиаторов. Ремонт этих частей трансформатора производится в основном на электроремонтном предприятии и состоит: из промывки и очистки внутренней поверхности от шлака и остатков старого трансформаторного масла; промывки и очистки наружной поверхности от грязи, коррозии и отслаивающейся краски; очистки борта рамы, фланцев, патрубков и бобышек для пробок от старых резиновых уплотнений; наружной окраски бака, изготовления новых уплотнений; переборки и чистки термосифонного фильтра с заменой сорбента; устранения течи радиаторов.

Неплотности бака трансформатора и комплектующих узлов иногда приходится убирать в процессе обслуживания. Течь в сальниках устраняют подтяжкой уплотнений либо заменой сальников с очисткой сальниковых гнезд. При течи по уплотнениям разъемов следует осторожно и равномерно подтянуть болты разъема, дополнительно

сжав резиновую прокладку. Течи в сварных швах и трещинах бака устраняют электродуговой сваркой.

§ 49. Сборка и испытания отремонтированных трансформаторов

Т а б л и ц а 137. Сборка силового трансформатора

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Проверка бака перед сборкой трансформатора	Осмотреть внутреннюю поверхность бака	Внутренняя поверхность бака должна быть чистой и окрашенной
Изготовление и укладка подкрышечного уплотнения	Выполнить уплотнение из маслостойкой резины. Уложить прокладку на борт бака одним из следующих способов: по всей ширине борта бака; на борт бака между внутренней поверхностью стенки и болтовыми соединениями	Борт бака тщательно протирают ветошью, смоченной бензином, после чего бак насухо вытирают. Места стыков прокладки промазывают резиновым клеем
Опускание в бак активной части и крепление крышки трансформатора *	Опустить активную часть в бак. При приближении крышки к баку на расстояние 100—200 мм в отверстие крышки и рамы бака установить направляющие стержни Крышку крепить равномерно по всему периметру рамы болтами	Сторона низшего напряжения в трансформаторах с вертикальными выводами должна находиться там, где к баку прикреплена табличка с технической характеристикой, т. е. где находится спускной кран (пробка для слива масла)
Замена трансформаторного масла	Залить масло через нижний патрубок (спускную пробку) с помощью масляного насоса	Масло, заливаемое в трансформатор, должно удовлетворять требованиям, приведенным в табл. 116

* Активную часть современного или модернизированного трансформатора устанавливают в бак сразу после осмотра, затем собирают узлы крепления активной части в баке и устанавливают крышку.

Таблица 138. Объем и нормы испытаний трансформаторов*

Вид испытаний	Объем	Норма	Дополнение и пояснение
К, Т, М	Измерение сопротивления изоляции: обмоток (с определением отношения $R_{60...}/R_{15...}$)	Не нормируется, но учитывается при комплексном рассмотрении результатов измерения; отношение $R_{60...}/R_{15...}$ не должно снижаться за время ремонта более чем на 30 %	Измерение производится как до ремонта, так и после его окончания
К	ярмовых баков, прессующих колец и доступных стяжных шпилек Испытание повышенным напряжением промышленной частоты: изоляции обмоток вместе с вводами в течение 1 мин	Не нормируется Значения испытательного напряжения приведены в примечании	Измерение осуществляется мегаомметром на напряжение 1000—2500 В (только при капитальном ремонте)
К	изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых баков в течение 1 мин Испытание бака с радиаторами гидравлическим давлением в течение 1 ч при температуре масла не ниже 10 °С	Испытательное напряжение равно 1000—2500 В При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла	Испытание проводится в случае осмотра активной части Испытание проводится гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя принимается: для трубчатых и гладких баков—0,6 м, для баков волнистых или с трубчатыми радиаторами либо охладителями — 0,3 м.

Вид испытаний	Объем	Норма	Дополнение и пояснение
			После испытания проверяют частичным сливом масла сообщаемость расширителя с баком
К	Проверка целостности заземления ярмовых балок, прессующих колец и магнитопровода	Ярмовые балки, прессующие кольца и магнитопровод должны иметь заземление	Проверка осуществляется в случае осмотра выемной части
К	Фазировка трансформаторов	Должно быть совпадение по фазам	Фазировка производится после капитального ремонта без смены обмоток и при переделке первичной коммутации
К, Т, М	Испытание трансформаторного масла	Предельно допустимые основные величины показателей масла приведены в табл. 116	—
К	Включение «толчком» на номинальное напряжение	При трех- и пятикратном включении трансформатора на номинальное напряжение не должно возникать явление, указывающее на неудовлетворительное состояние трансформатора	—

* Испытания обязательны для трансформаторов мощностью до 630 кВ·А включительно.

Примечания: 1. Буквы, указывающие вид испытания, означают следующее: К — капитальный ремонт; Т — текущий ремонт; М — межремонтные профилактические испытания. 2. Заводские испытательные напряжения для обмоток трансформаторов при номинальном напряжении соответственно равны: ниже 3 кВ — 5 кВ; 3 кВ — 18 кВ; 6 кВ — 25 кВ; 10 кВ — 35 кВ; 20 кВ — 55 кВ; 35 кВ — 85 кВ.

Г Л А В А X. РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

§ 50. Общие сведения

Основными причинами отказов электродвигателей являются: неудовлетворительное качество изготовления и ремонта (примерно 35 % общего числа отказов), неудовлетворительная эксплуатация (примерно 40 %), несоответствие конструктивного исполнения машин условиям эксплуатации и др.

К наиболее часто встречающимся отказам из-за *неудовлетворительного качества изготовления и ремонта* электродвигателей следует отнести: для обмоток статоров — ослабление крепления секций, увлажнение изоляции (с последующим замыканием витков), ослабление пазовых клиньев с последующим их выпаданием в воздушный зазор; для обмоток ротора — обрыв стержней в пазах и в месте припайки их к кольцам короткозамкнутого ротора, обрыв перемычек между катушками индукторов.

Кроме того, значительное число отказов электродвигателей постоянного и переменного тока вызвано плохой пропиткой их обмоток, что приводит к ухудшению электрических и механических характеристик изоляции и снижению ее нагревостойкости и теплопроводности.

К отказам из-за *неудовлетворительной эксплуатации* следует отнести: попадание масла и воды на обмотку, загрязнение обмоток пылью, попадание посторонних предметов на обмотки, перегрузку по току, плохую балансировку ротора после ремонта, несвоевременную замену щеток, применение щеток несоответствующих марок, слабый контакт на выводных изоляторах, их загрязнение, неудовлетворительную токовую и тепловую защиту электрических машин и т. д.

При эксплуатации электродвигателей часто происходят отказы из-за разрушения подшипников вследствие чрезмерно плотной смазки их смазкой, вызывающей перегрев подшипников, вытекание смазки из узла на обмотку или ее упрочнение.

Сведения, необходимые для ремонта электрических машин, не связанного с их полной разборкой, приведены ниже.

Т а б л и ц а 139. Марки баббитов и условия их применения

Марка баббита	Характеристика нагрузки	Применение
Б88	Спокойная Ударная	Для заливки подшипников, работающих при больших частотах вращения и высоких динамических нагрузках
Б83 Б83С -БН	Спокойная Ударная Спокойная Ударная	То же, но при средних нагрузках
Б16	Спокойная	Для заливки подшипников, работающих при средних частотах и средних нагрузках
БС6	Ударная	Для заливки подшипников электровозов, путевых машин Для заливки подшипников авто-тракторных двигателей

Подшипники скольжения. Подшипники скольжения могут иметь цилиндрическую, коническую или шаровую форму. Вкладыши подшипников электрических машин заливают баббитом. Марки баббитов, характеристика их нагрузки и применение приведены в табл. 139.

Подшипники качения. Подшипники качения различают: по форме тел качения — шариковые и роликовые; по направлению воспринимаемой нагрузки — радиальные, радиально-упорные и упорные. Выбор типоразмера подшипника качения производится с учетом его работоспособности, характеризующейся коэффициентом работоспособности и задаваемым сроком службы.

При посадке подшипников на вал двигателя электрической машины следует учитывать величину натяга, которая приведена в табл. 140, а также предельные отклонения размеров отверстий подшипниковых щитов (табл. 141).

Т а б л и ц а 140. Натяги подшипников качения и вала

Диаметр внутреннего кольца подшипников, мм	Натяг, мкм, для машин мощностью, кВт			
	до 100		свыше 100	
	наименьший	наибольший	наименьший	наибольший
4—6	1	9	—	—
7—10	2	12	—	—
11—18	2	14	—	—
19—30	3	17	8	28
31—50	3	20	9	27
51—80	3	23	10	30
81—120	3	26	12	35
121—180	13	40	25	50
181—260	30	60	30	60
261—360	35	70	35	70

Т а б л и ц а 141. Предельные отклонения отверстий подшипниковых щитов

Диаметр наружного кольца подшипника, мм	Отклонение отверстия корпуса, мкм		Диаметр наружного кольца подшипника, мм	Отклонение отверстия корпуса, мкм	
	верхнее	нижнее		верхнее	нижнее
18	11	29	121—180	28	68
19—30	14	35	181—250	33	79
31—50	17	42	251—315	36	88
51—80	21	51	316—400	41	98
81—120	24	59	401—500	45	108

Воздушные зазоры. Замеры воздушных зазоров производят: у электрических машин постоянного тока и синхронных машин с явно выраженными полюсами — под каждым полюсом против середины башмака; у асинхронных машин и синхронных машин с неявно выраженными полюсами при небольших диаметрах ротора (до 500—600 мм) — в четырех диаметрально противоположных точках.

Муфты, шпонки. Для нормальной работы подшипников соединяемые валы электрической машины и приводного механизма должны составлять единый вал. Для соединения валов между собой и передачи вращающего момента используют муфты. Типы муфт по характеру соединяемых валов и компенсационной способности и их применение приведены в табл. 142, а общий вид — на рис. 16.

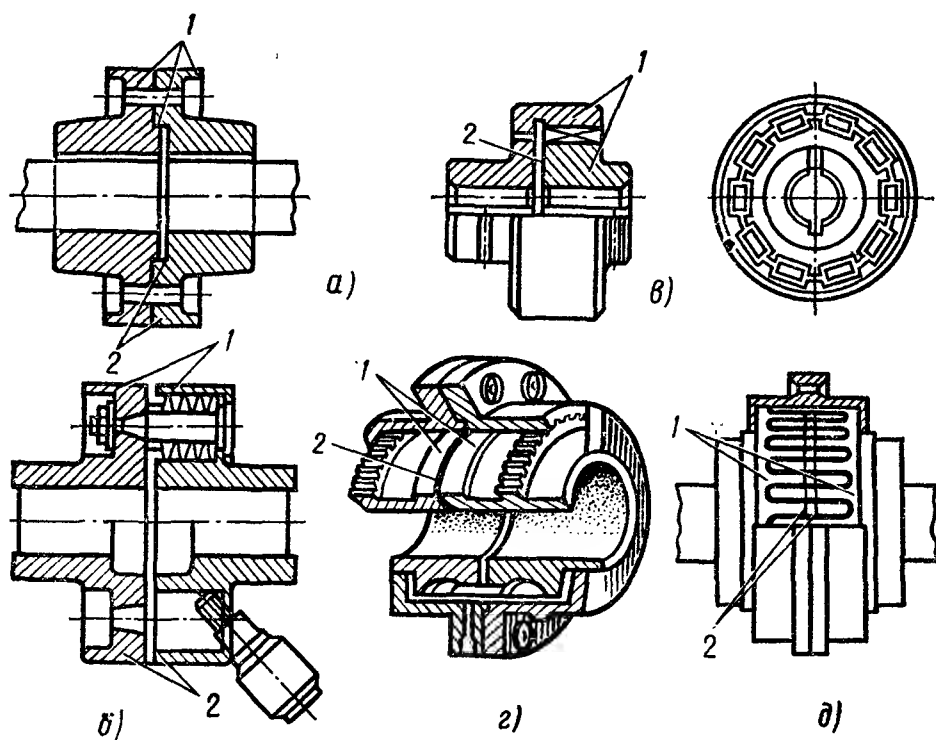


Рис. 16. Муфты для соединения валов электрических машин: а — жесткая фланцевая, б — втулочно-пальцевая, в — с пластинами из прорезиненной ткани, г — зубчатая, д — переменной жесткости (пружинная); 1, 2 — точки измерения радиального и торцового биения

Таблица 142. Типы и характеристика муфт

Тип муфты	Характер соединения валов	Допустимое смещение валов (компенсационная способность муфт)		Применение
		радиальное, мм	угловое, град	
Жесткая, фланцевая (см. рис. 16, а)	Не допускает поворота одного вала относительно другого	0	0	Для соединения строго соосных валов

Тип муфты	Характер соединения валов	Допустимое смещение валов (компенсационная способность муфт)		Применение
		радиальное, мм	угловое, град	
Втулочно-пальцевая и с пластинами из прорезиненной ткани (см. рис. 16, б, в)	Допускается от-носительный по-ворот валов	0,3—0,6	1	Для соединения соосных валов и передачи вращающих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов (втулок)
Зубчатая (см. рис. 16, г)	Допускается относительный по-ворот валов	0,7—4,8	1	Для соединения соосных валов, передающих большие вращающие моменты
Пружинная (см. рис. 16, д)	То же	1,0—2,0	1,25	Для соединения соосных валов и передачи вращающих моментов со смягчением ударов с помощью упругих элементов (пружин)

Насадку полумуфт на валы производят с натягами, величина которых приведена в табл. 143.

Таблица 143. Величина натягов при посадке полумуфт

Диаметр вала, мм	Натяг, мкм		Диаметр вала, мм	Натяг, мкм	
	наибольший	наименьший		наибольший	наименьший
31—40	77	50	151—180	220	180
41—50	87	60	181—220	260	215
51—65	105	75	221—260	300	255
66—80	120	90	261—310	350	300
81—100	140	105	311—360	400	350
101—120	160	125	361—440	475	415
121—150	190	150	441—500	545	485

Нагрев полумуфты для их посадки производят в масляной ванне или индукционным методом токами промышленной частоты либо газовыми горелками, а контролируют с помощью шаблона, который больше диаметра отверстия полумуфты на величину 2—3-кратного натяга.

Для передачи вращающего момента от вала к муфте служат шпоночные соединения. Применяются следующие шпонки: призматические, сегментные, клиновые и тангенциальные. Наиболее распространены призматические шпонки. Изготавливают шпонки из стали марок: Ст6, сталь 40, сталь 45 с временным сопротивлением на разрыв не ниже 600 Н/мм² (60 кгс/мм²).

§ 51. Приемка в ремонт, разборка и выявление дефектов электродвигателей

Как правило, в ремонт принимают комплектные электродвигатели, т. е. такие, у которых имеются все основные детали. Электродвигатели мощностью до 100 кВт не принимают в ремонт, если у них разбиты корпус или подшипниковые щиты, отбито более двух лап, значительно повреждена активная сталь и величина зазора выше нормальной на 25 % для двухполюсных и на 15 % для электродвигателей с большим числом полюсов.

Начальным этапом ремонта являются предремонтные испытания: измерение сопротивления изоляции обмоток статора и ротора; испытание электрической прочности изоляции обмоток; проверка витковой изоляции; испытание электродвигателя на холостом ходу. Кроме того, проверяют, насколько легко проворачивается ротор, нет ли механических повреждений, стука, посторонних шумов, «люфтов» и чрезмерного нагрева подшипников; измеряют воздушный зазор между статором и ротором. О допустимости величины зазора электродвигателей можно судить, пользуясь ориентировочными данными табл. 144.

Причины неисправностей электрических машин приведены в табл. 145 и 146, а их разборка — в табл. 147.

Т а б л и ц а 144. Зазор между статором и ротором асинхронных двигателей

Частота вращения, об/мин	Зазор, мм, при мощности электродвигателя, кВт									
	до 0,2	0,2—1,0	1—2,5	2,5—5,0	5,0—10,0	10—20	20—50	50—100	100—200	200—300
500—1500	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0
3000	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5	0,65	0,8	1,0	1,25	1,5

**Т а б л и ц а 145. Неисправности трехфазных
асинхронных двигателей и способы их выявления**

Характер неисправности	Возможная причина	Способ выявления
Двигатель не запускается без нагрузки. Нет пускового момента	Обрыв (в одном из проводов) питающей линии Обрыв в одной из обмоток фаз статора двигателя (при включении звездой)	Проверить напряжение линии (линейные напряжения) Проверить предохранители или ток в питающих проводах или сопротивление обмоток фаз
Двигатель не развивает номинальную частоту вращения и гудит	Одностороннее притяжение ротора вследствие износа подшипников, перекоса подшипниковых щитов или изгиба вала	Проверить зазор между статором и ротором
Двигатель останавливается при увеличении нагрузки. Пусковой или максимальный момент недостаточен	Пониженное напряжение сети Включение фаз обмотки звездой вместо треугольника Обрыв в одной из обмоток фаз статора двигателя (при включении фаз треугольником) Межвитковое замыкание в обмотке статора Обрыв или распайка в обмотке ротора Неисправный пусковой реостат Перегрузка	Проверить линейные напряжения Проверить схему соединения обмоток Проверить сопротивление обмоток фаз Проверить сопротивление обмоток фаз Проверить ток к. з. или трансформацию (фазный ротор) Проверить сопротивление и исправность реостата Проверить нагрузку
Двигатель дает пониженное число оборотов в минуту	Пониженное напряжение сети Повышенное сопротивление обмотки ротора в результате: распайки, плохой заливки, трещин в стержнях и кольцах короткозамкнутого ротора неисправности колец, щеток (для фазного ротора)	Проверить напряжение Проверить ток короткого замыкания Осмотреть кольца, щетки

Характер неисправности	Возможная причина	Способ выявления
Двигатель не разворачивается (застывает при малых частотах вращения) и гудит	Обрыв в обмотке ротора или цепи кольца (щеткодержатель — пусковой реостат), неисправность короткозамыкающего механизма (фазного ротора). Неисправность пускового реостата (неодинаковые сопротивления по фазам) Обрывы в нескольких стержнях или замыкающих кольцах короткозамкнутого ротора Перевернута фаза обмотки статора	Проверить сопротивление фаз обмотки ротора и пускового реостата Проверить ток короткого замыкания Проверить ток в питающих проводах; маркировку концов обмотки
Двигатель приходит во вращение при разомкнутым фазном роторе	Межвитковое замыкание в роторе Перекрытие между стержнями ротора при пуске	Проверить магнитным ярмом Проверить трансформацию. Осмотреть лобовые части и головки стержней
Повышенный нагрев статора	Повышенный ток в обмотках статора в результате: обрыва в одном из трех проводов питающей линии в цепи одной из фаз обмотки статора повышенного или пониженного напряжения в сети перегрузки межвиткового замыкания в обмотке фазы статора, замыкания между обмотками фаз	Проверить предохранители, а также напряжение между проводами линии и ток в них Проверить напряжение между проводами питающей линии и ток в них То же Проверить: ток в питающих проводах; изоляцию между фазами обмотки статора и на корпус; сопротивление обмоток
Перегрев ротора	Ухудшение вентиляции	Прочистить вентиляционные каналы

Характер неисправности	Возможная причина	Способ выявления
Значение тока, потребляемого двигателем, периодически колеблется При включении срабатывает защита (большой ток)	Повышенный ток в роторе в результате: пониженного напряжения питающей сети перегрузки распайки соединений	Проверить линейные напряжения и ток ротора (для фазного ротора) Проверить нагрузку Проверить: места пайки; сопротивление ротора (для фазного ротора) Проверить ток к. з.
	Обрыв в роторе	
	Перевернута фаза обмотки статора Соединение фаз обмотки статора в треугольник вместо звезды Замыкание обмоток на корпус или между фазами	Проверить маркировку концов и схему соединения Проверить схему соединения обмоток
	Неисправность пускового реостата	Проверить изоляцию обмоток фаз относительно корпуса и друг друга
Перегрев подшипников	Отсутствие смазки. Загрязненная смазка Неподходящий сорт смазки Износ подшипника	Проверить сопротивление пускового реостата Промыть. Заменить смазку То же
Механические колебания (сотрясения) двигателя	Небаланс ротора (сотрясение исчезает лишь при значительном уменьшении частоты вращения) Обрыв в роторе Большая осевая игра ротора Износ скользящих подшипников	Проверить зазор в подшипнике Проверить балансировку Проверить ток к. з. Проверить зазор в подшипниках и их установку

Характер неисправности	Возможная причина	Способ выявления
	Плохо сшит ремень передачи	Перешить ремень

Примечания: 1. Когда обрыв произошел на ходу, двигатель продолжает вращаться, и если его своевременно не остановить, то он сгорит. 2. Обрыв питающего провода и несоответствующая защита являются частой причиной повреждения статорной обмотки трехфазных асинхронных двигателей. 3. Включение обмотки звездой вместо треугольника приводит к понижению напряжения на каждой из обмоток в 1,73 раза и, следовательно, к уменьшению пускового и максимального моментов в три раза.

Таблица 146. Неисправности электродвигателей постоянного тока и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Искрят все щетки или их часть	Щетки установлены неправильно	Проверить положение щеток по заводским меткам, имеющимся на траверсе
Искрение сопровождается повышенным нагревом коллектора и щеток	Щетки в плохом состоянии (имеют неровную обгоревшую рабочую поверхность с царапинами; плохо пришлифованы; их края обломаны или обгорели) и неправильно установлены в щеткодержателях. Размеры обойм щеткодержателей не соответствуют размерам щеток*, плохой контакт между щетками и их арматурой Щетки слабо прилегают к коллектору	Следует правильно установить щеткодержатели и щетки. Угольные щетки тщательно пришлифовать к коллектору (см. рис. 8) стеклянной шкуркой (наждачной бумагой не рекомендуется)
	Поставлены угольные щетки неподходящей марки (слишком мягкие или твердые)	Сильнее прижать щетки, в случае необходимости укоротить нажимную пружину, но лучше заменить ее новой** Установить щетки в соответствии с указанием, приведенным в табл. 97

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Равномерно перегрета вся машина. Других признаков ненормальной работы нет	Машина перегружена Вентиляционные пути машины засорились; активная сталь и обмотки покрылись теплоизолирующим слоем мелких волокон и пыли Засорились воздушные фильтры	Снизить нагрузку. При отсутствии искрения щеток усилить вентиляцию машины Тщательно очистить машину и продуть сжатым, чистым и сухим воздухом (давление не более 0,2 МПа) Матерчатые фильтры очистить от грязи и пыли
Двигатель не запускается. В якоре нет тока при включенном пусковом реостате	Перегорели предохранители Обрыв в пусковом реостате или в проводах Обрыв в обмотках якоря	Поставить новые предохранители Найти с помощью контрольной лампы или мегаомметра поврежденное место и устранить обрыв Найти место обрыва (обрыв большей частью происходит в соединениях между коллектором и обмоткой, редко — в самой обмотке)

* Расстояние от обоймы щеткодержателя до поверхности коллектора, мм, должно составлять 2,5—3 у мощных машин; 1,5—2,5 у машин ПН28, 5—ПН550 и около 1 у машин ПН5—ПН17,5.

** Нажатие на щетку должно соответствовать определенному удельному давлению, зависящему от марки щеток и окружной скорости коллектора или контактных колец.

Таблица 147. Разборка электродвигателей

Операция	Выполнение операции	Дополнение и пояснение
Снятие с вала передаточных и соединительных деталей (полу-муфт, шестерен, шкивов)	Снятие деталей производят: двухлапчатыми винтовыми съёмниками (рис. 17)	Перед тем как снять детали, необходимо от-взрнуть стопорный винт или выбить фиксирующую шпонку

Операция	Выполнение операции	Дополнение и пояснение
Съем подшипниковых щитов	гидросъемниками прогревом до температуры 250°C или токами высокой частоты При съеме щитов производят предварительные работы: снимают наружный вентилятор и крышки подшипников отсоединяют провода от щеточного устройства снимают с вала контактные кольца	Гидросъемники применяют для крупных электродвигателей После съема одного щита возможен перекос ротора по отношению к статору У крупных электродвигателей перед съемом щита необходимо под конец вала установить домкрат либо подвесить конец вала на таль или кран

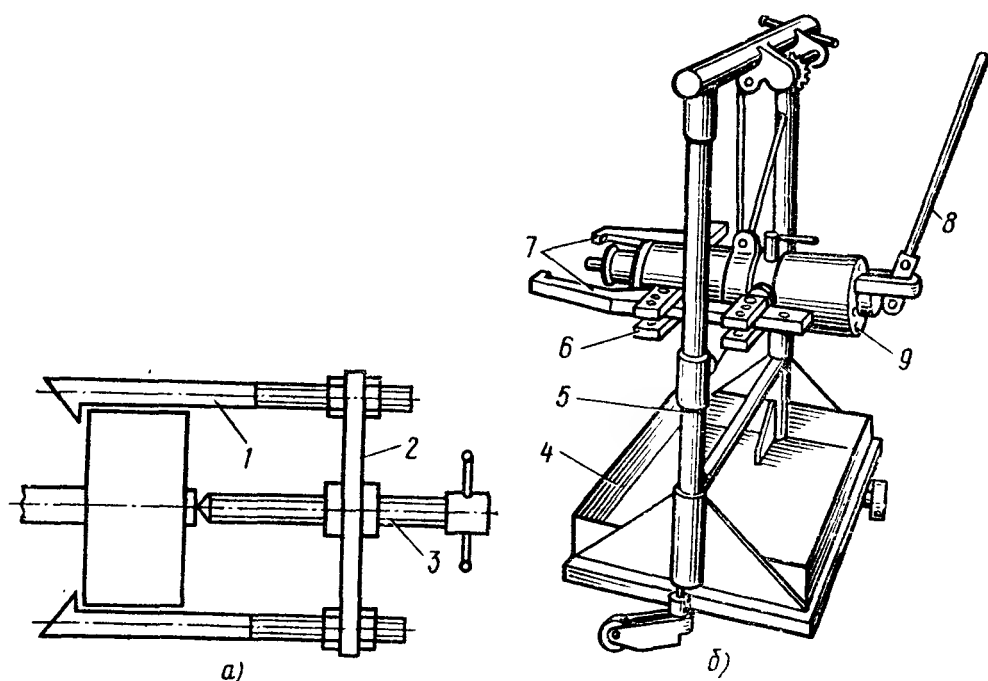


Рис. 17. Съемники для снятия шкивов и полумуфт с валов электродвигателей:

a — ручной нерегулируемый винтовой, *б* — гидравлический; 1, 7 — захваты, 2 — скоба, 3 — винт, 4 — площадка, 5 — стойка, 6 — траверса, 8, 9 — рукоятка и корпус насоса

Операция	Выполнение операции	Дополнение и пояснение
Вывод ротора из расточки статора	фиксируют отметками положение щита относительно статора и вывертывают болты, крепящие щит Снятие щита: равномерный отвод отжимными болтами; винтовыми или гидравлическими стяжками; рычагом, вводимым в отверстие между торцом станины и краем щита	Отвод производят до выхода из центрирующей заточки станины. Операцию выполняют рычагом при отсутствии отжимных болтов
	Для электродвигателей средней мощности вывод ротора осуществляют с помощью удлинителя (рис. 18, а) — толстостенной трубы, насаживаемой на конец вала, или с помощью скобы (рис. 18, б), насаживаемой ступицей на вал	Длина стропа в 4—5 раз больше длины вала. Серьгу 1 устанавливают на скобе 2 в таком положении, чтобы при натяжении троса ротор находился в горизонтальном положении

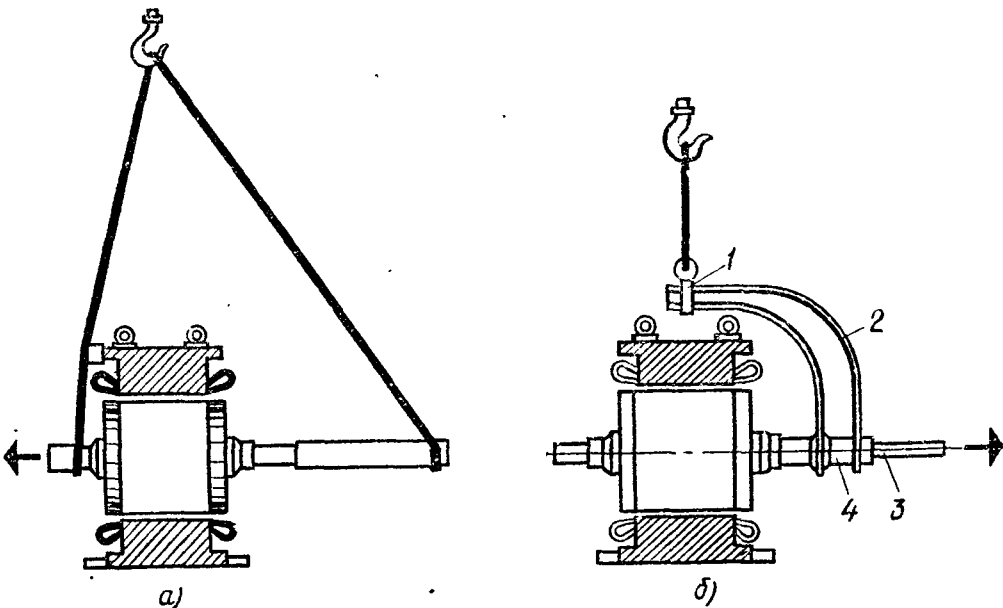


Рис. 18. Вывод ротора:

а — с помощью удлинителя, б — с помощью скобы; 1 — передвижная серьга, 2 — скоба, 3 — хвостовик, 4 — ступица скобы

Операция	Выполнение операции	Дополнение и пояснение
Снятие с вала подшипников качения	Снятие производят: винтовыми или гидравлическими съемниками специальными приспособлениями, конструкция которых определяется особенностями посадки подшипника подогревом подшипников до 100—120 °С	Усилия прикладываются к внутреннему кольцу подшипника Конструктивными особенностями являются высокий упорный буртик на шейке вала, близко расположенный вентилятор и т. п.
Разборка подшипников скольжения	Специальных приспособлений не требуется	—
Выемка обмотки	Электродвигатель помещают в герметически закрытую электропечь, в которой автоматически поддерживается температура 350—400 °С, и выдерживают в ней в течение 4—6 ч	Пазовая и витковая изоляции теряют механическую прочность и легко, по частям, извлекаются из пазов

Примечания: 1. Чтобы вал сильно не нагревался, подогрев надо вести интенсивно, одной-двумя автогенными горелками не ниже пятого номера. Во избежание внутренних напряжений при подогреве деталей вал, на котором насажена деталь, обертывают асбестовым картоном, смоченным в воде. Прогрев самой детали начинают с краев, затем прогревают дисковую часть и, наконец, ее ступицу. 2. Зазор между крышкой подшипника и валом должен быть в пределах 0,3—0,7 мм. 3. Ремонт или замену контактных колец производят при подгарах или подплавлении рабочей поверхности колец, а также радиальном биении рабочей поверхности или разности диаметров отдельных колец, превышающей 1 % диаметра кольца. 4. Подшипники снимают с вала и заменяют новыми в случае их износа. 5. В процессе разборки электродвигателя все детали, снятые со статора и ротора, помещают в комплекточный ящик, к которому прикрепляют металлическую бирку с указанием ремонтного номера (заказа) электродвигателя. Бирки также прикрепляют к статору, ротору и каждому из подшипниковых щитов. При всех операциях по разборке электродвигателя, а также при выемке обмоток производится дефектирование. Все данные заносят в специальную ведомость.

§ 52. Ремонт деталей и узлов электрических машин

Сведения о неисправностях и ремонте коллекторов, контактных колец и подшипников приведены в табл. 148—151.

Т а б л и ц а 148. Неисправности коллекторов и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения	Дополнение и пояснение
Обгар поверхности	Искрение. Круговой огонь	Обточка, шлифовка. Поверхность шлифуют стеклянной шкуркой. Обточку производят с частотой не менее 200 об/мин резцом с напайкой твердого сплава, с тем чтобы коллектор не «затянуло» медью (заусенцы)	При обточке коллектора без разборки машины в собственных подшипниках не следует допускать дрожания резца и необходимо обеспечить тщательное удаление медной стружки из машины
Биение	Плохая сборка	Нагрев. Подтягивание. Обточка. Для уменьшения биения подтягивают гайку или коллекторные болты, затем нагревают коллектор до 100—110 °С, снова подтягивают и обтачивают	Состояние поверхности коллектора проверяют индикатором. Допустимым является эксцентриситет порядка 0,03 мм
Выступление изоляции между пластинами	Износ пластин. Ослаб коллектор	Продороживание. Подтягивание. Обточка. Продороживание производят куском ножовочного полотна, обточенного до толщины, равной толщине миканитовой изоляции. Весь миканит вырезают на глубину 1—1,5 мм (см. рис. 8)	После продороживания коллектор тщательно отшлифовывают и продувают. Продороживание выполняют также специальной дисковой фрезой
Выступление пластин на краю коллектора	Предельная обточка. Слишком тонкие пластины	Замена комплекта пластин и межламельной изоляции. При разборке коллектора на него надевают пресовочное кольцо или накладывают временный бандаж из стальной бандажной проволоки. Под бандаж ставят полосу электрокартона. Затем вывертывают болты (гайки), снимают нажимную шайбу и конус	Чрезмерно обточенный коллектор требует капитального ремонта — замены комплекта пластин

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения	Дополнение и пояснение
Отломана часть петушка	Повреждения при транспортировке, монтаже и эксплуатации	Если место поломки петушка удалено более чем на 10 мм от места его заделки в коллекторную пластину, следует спаять сломанные части петушка (рис. 19) Если поломка петушка произошла вблизи места заделки его в коллекторную пластину, надо поврежденный петушок заменить новым (рис. 20)	В установленный петушок вставляют штифт и припаивают к пластине и обмотке. На обмотку накладывают проволоочный бандаж и производят балансировку ротора

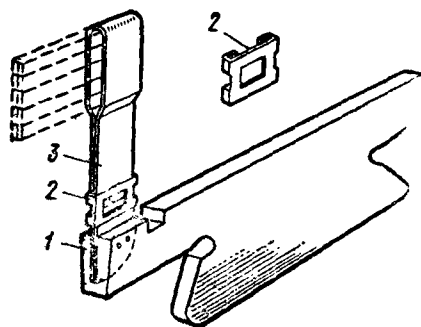


Рис. 19. Спайка в месте поломки с применением скобы:

1 — коллекторная пластина, 2 — скоба, 3 — петушок

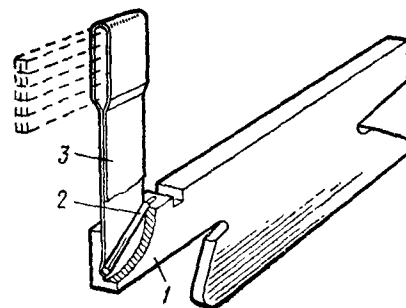


Рис. 20. Установка нового петушка вместо поврежденного:

1 — коллекторная пластина, 2 — штифт, 3 — петушок

Замыкание между пластинами

Заусенцы на поверхности. Прогар миканитовой изоляции из-за попадания масла или медно-угольной пыли

Замыкание внутри коллектора

Замыкание на корпус

Пробой, прогар изоляционных конусов

Осмотр. Расчистка. Глубокая про-
чистка между пластинами. Промыв-
ка спиртом. Замазка пастой (глиф-
талевый лак с цементом)

Разборка

Разборка, ремонт или смена кону-
сов. Если прогоревшая площадь не-
велика, расчищают поврежденное
место, подрезают его края на конус
и лаком наклеивают листочки слюды

Если неисправность значительна,
поврежденную часть конуса удаля-
ют. На нее укладывают сегменты
(рис. 21), вырезанные из миканита

Замыкание между пластинами
обнаруживают при проверке по-
врежденного якоря с помощью
милливольтметра

Иногда удается исправить кол-
лектор переточкой всего ласточки-
на хвоста одной стороны коллек-
тора вглубь без замены пластин

Если замена конуса необходи-
ма, применяют составной конус
(рис. 22)

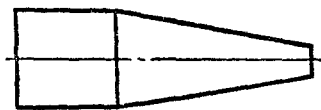


Рис. 21. Сегмент для ре-
монта миканитового кор-
пуса

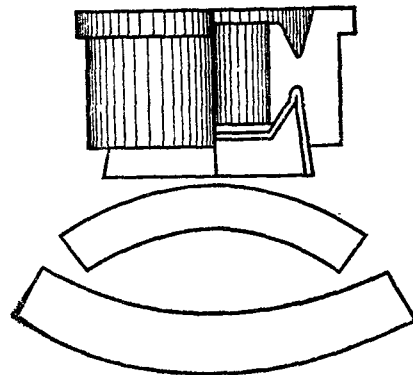
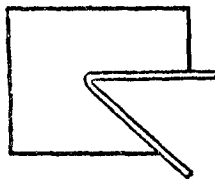


Рис. 22. Составной конус из
полос миканита

Таблица 149. Неисправности контактных колец и способы их устранения

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения	Дополнение и пояснение
Повреждение поверхности колец	Подгары, биение, неравномерная выработка	Проточка или, если повреждение незначительное, шлифовка стеклянной шкуркой, укрепленной на деревянной колодке	При шлифовке пемзой появляется проводящая пыль, поэтому кольца после шлифовки тщательно продувают
Нарушение контакта между кольцом и выводной шпилькой	—	Рассверливание отверстия (достаточно с края на конус) и сварка шпильки с кольцом	Нарушение контакта может быть и при резьбовом соединении. При ремонте целесообразно переводить резьбовые соединения на сварку
Поверхностное нарушение изоляции между контактами или между кольцом и корпусом	Повреждение выводной шпильки одного из колец в том месте, где она проходит через другое кольцо	Промывка поврежденного места бензином и зачистка стеклянной шкуркой с окрашиванием поверхности изоляционной эмалью	—
Пробой изоляции колец на корпус или предельный износ колец	Предельный износ в результате нескольких обточек	Переборка и замена колец	Указанные способы выполняются различно в зависимости от конструкции

**Т а б л и ц а 150. Неисправности щеткодержателей
и способы их устранения**

Неисправность	Возможная причина	Способ устранения
Быстрый износ внутренней поверхности обоймы и боковой поверхности щеток	Коллекторный бой, заусенцы в обоймах	Обточка коллектора, исправление обоймы
Разъедание внутренней поверхности обоймы	Неправильное прохождение тока с обоймы на щетку, неисправная арматура щетки	Замена шунтов. Подтяжка контактов в цепи тока. Замена щеток с неисправной арматурой
Ослабление пружины	Отжиг пружин из-за неправильного токопрохождения	Замена шунтов и щеточной арматуры. Подтяжка контактов в цепи тока. Проверка изолирующей головки пружины
Зажим щетки в обойме	Механические повреждения обоймы Заусенцы от обработки или наплывы от кругового огня Выгиб обоймы от нагрева током вследствие прохождения тока через обойму	Выправление Опиловка Выправление. Обеспечение нормального токопрохождения

Т а б л и ц а 151. Ремонт подшипников скольжения

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
Перезаливка вкладышей:	Вкладыш очищают от загрязнения и промывают 10 %-ным раствором каустической соды	Производится, когда зазор между валом и вкладышем достигает предельно допустимой величины
выплавка старого баббита	Выплавку баббита производят в нагревательной печи	—
подготовка корпуса вкладыша	Корпус очищают от оксидов и окалины, пропаривают и промывают горячей водой. Внутреннюю поверхность облуживают	Подготовку корпуса вкладыша производят также при растрескивании, выкрашивании и значительном отслаивании антифрикционного слоя заливки от корпуса вкладыша

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
приготовление баббита	Баббит расплавляют в тиглях. Температура расплавленного баббита должна быть в пределах 400—420 °С	Для заливки применяют баббит двух марок: Б16 и Б83
заливка вкладышей	Поверхность баббита после застывания должна иметь серебристо-белый цвет; перегретый баббит — желтого оттенка Для заливки (рис. 23) разъемный вкладыш ставят на ровное основание и с установленным сердечником подогревают до 250—270 °С Заливку производят ковшом, в котором масса расплавленного баббита должна быть с 20—25 %-ным запасом	Выплавленный баббит используют с добавлением 30—50 % нового баббита Неразъемные вкладыши вытаскивают из подшипниковых щитов после отвертывания стопорного болта специальным приспособлением (рис. 24), которым производят также обратную запрессовку вкладышей после ремонтов

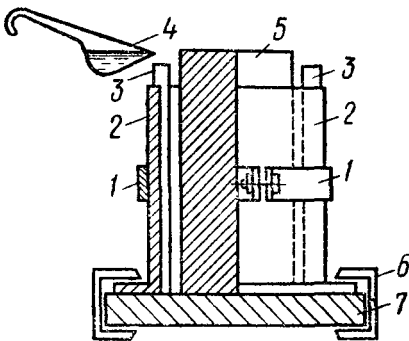


Рис. 23. Заливка разъемного вкладыша:

1 — стягивающий хомут, 2 — половинки вкладыша, 3 — прокладка между половинками вкладыша, 4 — ковш с расплавленным баббитом, 5 — сердечник, 6 — струбцина, 7 — плита (основание)

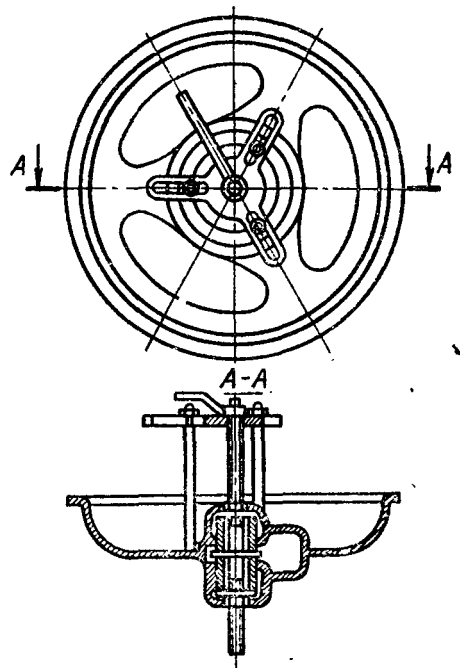


Рис. 24. Приспособление для выпрессовки вкладыша

Операция	Указание	Дополнение и пояснение
механическая обработка	Вначале прорезают окно под смазочное кольцо, затем устанавливают центрично вкладыш на станке и протачивают торцы, внутреннюю поверхность вкладыша и маслособираательные канавки	Выбирают продольные маслораспределительные канавки (холодильники) шириной и глубиной 1,5—2 мм, не доводя их до маслособираательных канавок на 4—5 мм. Шабровка вкладыша показана на рис. 25, а, б
Наплавка баббита	Наплавку производят пламенем автогенной горелки или электрическим способом. В обоих случаях наплавляемую поверхность обезжиривают и покрывают тонким слоем флюса	Наплавка применяется главным образом для исправления местных повреждений, т. е. при выкрашивании и подплавлении небольших участков

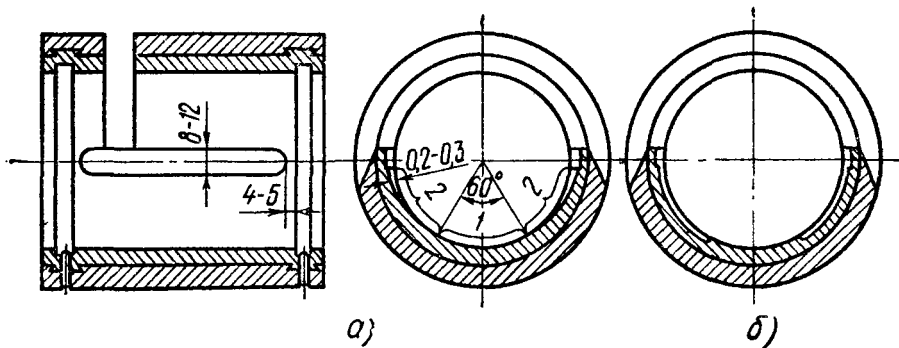


Рис. 25. Шабровка вкладыша:

а — правильная, б — неправильная; 1 — поверхность касания, 2 — карманы

В подшипниках с неразъемными вкладышами верхний зазор между шейкой вала и вкладышем измеряют щупом, который по возможности следует вводить на всю длину вкладыша. Кроме того, измеряют также боковые зазоры, величина которых не должна превосходить половины зазора в верхней части. Допустимые радиальные и осевые зазоры в подшипниках скольжения приведены в табл. 152 и 153.

**Т а б л и ц а 152. Допустимые радиальные зазоры
в подшипниках скольжения**

Диаметр вала, мм	Зазор, мм, при частоте вращения, об/мин		
	до 1000	1000—1500	свыше 1500
18—30	0,04—0,093	0,06—0,13	0,14—0,28
30—50	0,05—0,112	0,075—0,16	0,17—0,34
50—80	0,065—0,135	0,095—0,195	0,2—0,4
80—120	0,08—0,16	0,12—0,235	0,23—0,46
120—180	0,1—0,195	0,15—0,285	0,26—0,52
180—260	0,12—0,225	0,18—0,30	0,3—0,6
260—360	0,14—0,25	0,21—0,38	0,34—0,68
360—500	0,17—0,305	0,25—0,44	0,38—0,76

**Т а б л и ц а 153. Допустимые осевые зазоры
(осевой разбег вала) в подшипниках скольжения**

Мощность элект- родвигателя, кВт	Зазор, мм, для подшипников	
	новых и перезалитых	бывших в эксплуатации и не подвергавшихся перезаливке
До 10	0,4—0,5	1
10—20	0,5—0,75	1,5
20—40	0,75—1,0	2
40—80	1,0—1,5	3
80—160	1,5—2	4
160—500	2—2,5	5

Подшипники качения. Показателями непригодности дальнейшего использования подшипников качения и необходимости замены их новыми являются: выкрашивание, трещины и следы роликов на дорожках качения; матовая поверхность дорожек; зазубрины на краях сепараторов; уступы на концах роликов; износ шариков в виде круговых поясков и изменение их геометрической формы, увеличенный зазор между шариками и роликами и дорожками качения колец (зазор в роликовых подшипниках с короткими роликами измеряется щупом, а в шарикоподшипниках — на специальной оправке; осевой зазор в подшипниках качения не должен превышать 0,2—0,35 мм; допустимые радиальные зазоры приведены в табл. 154); уменьшение диаметра наружных колец подшипников (наружные кольца крутятся в щитах) и увеличение допустимых отклонений диаметра кольца и отверстий в подшипниковых щитах, приведенных в табл. 141; увеличение диаметра внутренних колец подшипников (внутренние кольца проворачиваются на валу) и уменьшение натяга подшипников по сравнению с величиной натяга, приведенной в табл. 140.

§ 53. Сборка и испытания отремонтированных электродвигателей

Перед сборкой все детали и узлы электродвигателей должны быть проверены и скомплектованы в соответствии с ремонтным номером электродвигателя. Технология и последовательность сборки определяются конструкцией электродвигателя.

**Т а б л и ц а 154. Допустимые радиальные зазоры
в подшипниках качения**

Диаметр вала, мм	Минимальный зазор, мм, для подшипников		Максимальный зазор, мм, для подшипников	
	шариковых	роликовых	шариковых	роликовых
20—30	0,005	0,01	0,10	0,10
35—50	0,01	0,02	0,15	0,15
55—80	0,015	0,03	0,20	0,20
85—120	0,02	0,04	0,30	0,30

Установка подшипников. Перед посадкой подшипники тщательно промывают и проверяют легкость их вращения. Посадочные места на валу и в корпусе промывают керосином и протирают ветошью. Они должны быть без механических повреждений (забоин, следов коррозии). Затем их проверяют скобами и калибрами в трех местах равномерно по окружности, чтобы убедиться в отсутствии овальности.

Для посадки подшипников на вал с малыми натягами применяют трубу из мягкого металла, а для их насадки с большими натягами предварительно подогревают подшипники в масле до 90 °С. Затем подшипники заполняют смазкой на $\frac{2}{3}$ объема.

Регулировка щеточного механизма. Траверсы щеточного механизма устанавливают по заводским меткам на нейтрали. Щеточный механизм должен свободно перемещаться при освобождении щеточного устройства. Радиальный зазор между контактными кольцами или коллектором и щеткодержателями должен быть равномерным по окружности. Необходимо, чтобы щетки по окружности коллектора располагались равномерно, с допустимым отклонением расстояния между отдельными bracketами по коллектору не более 1,5 мм. Положение отдельных bracketов проверяется по бумажной ленте, протянутой по коллектору (под щетками).

После проверки качества сборки электродвигатель опробовывают на холостом ходу в течение 20—30 мин и при удовлетворительном результате передают на испытание. Объем и нормы испытаний электродвигателей приведены в табл. 155.

**Т а б л и ц а 155. Объем и нормы испытаний
электродвигателей переменного тока**

Вид испытания	Объем	Норма	Дополнение и пояснение
К, Т	Измерение сопротивления изоляции: обмотки статора (для электродвигателей на напряжением выше	Не нормируется	Измерение производят у электродвигателей на напряжением до

Вид испытания	Объем	Норма	Дополнение и пояснение
	2 кВ или мощностью более 1000 кВт определяют также отношение $R_{60\ldots}/R_{15\ldots}$) обмотки ротора	Не нормируется	660 В включительно мегаомметром на напряжение 1000 В, а у электродвигателей напряжением выше 660 В — мегаомметром на 2500 В Измерение производят у синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором напряжением 2 кВ или мощностью более 1000 кВт мегаомметром на 1000 В
К	Испытание повышенным напряжением промышленной частоты в течение 1 мин	Обмотку статора электродвигателей мощностью менее 40 кВт и напряжением до 660 В, а также электродвигателей мощностью 40 кВт и выше и напряжением до 400 В испытывают напряжением 1000 В	Перед вводом электродвигателя в работу производят повторное контрольное испытание мегаомметром на напряжение 1000 В
К	Измерение зазоров между сталью ротора и статора (если позволяет конструкция электродвигателя)	Воздушный зазор в диаметральных противоположных точках или точках, сдвинутых относительно оси ротора на 90°, не должен отличаться более чем на $\pm 10\%$ от среднего размера	Измерение производят для электродвигателей мощностью 100 кВт и более, а также двигателей ответственных механизмов

Вид испытания	Объем	Норма	Дополнение и пояснение
К	Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом в течение 1 ч	Значения тока холостого хода не должны отличаться более чем на 10 % от величин, указанных в каталоге или в инструкции завода-изготовителя для данного типа электродвигателя	Проверка производится у электродвигателей напряжением 2 кВ и выше и мощностью 100 кВт и более
К	Измерение вибрации подшипников электродвигателя	Вибрация не должна превышать значений, указанных в табл. 156	Вибрацию измеряют у электродвигателей напряжением 2 кВ и выше и у электродвигателей ответственных механизмов
К	Измерение разбега ротора в осевом направлении	Разбег должен быть не выше 2—4 мм	Измерение производят у электродвигателей ответственных механизмов или в случае выемки ротора
К	Проверка работы электродвигателя под нагрузкой	Проверку проводят при мощности не менее 50 % номинальной	Проверяют работу электродвигателей напряжением выше 1000 В или мощностью 300 кВт

Таблица 156. Предельная величина вибрации подшипников электродвигателей

Синхронная частота вращения, об/мин	3000	1500	1000	750 и ниже
Допустимая амплитуда вибрации подшипников, мкм	50	100	130	160

ОГЛАВЛЕНИЕ

	<i>Стр.</i>
Предисловие	3
Глава I. Общие сведения	4
§ 1. Сведения по электротехнике	4
§ 2. Металлические материалы и изделия	7
§ 3. Электроизоляционные материалы и изделия	14
§ 4. Клеи, припои и флюсы	34
§ 5. Сведения об электроустановках	37
Глава II. Внутрицевые электропроводки напряжением до 1000 В и осветительные электроустановки	40
§ 6. Термины и определения	40
§ 7. Общие сведения	42
§ 8. Выбор проводов и кабелей, вида электропроводки и способа прокладки	44
§ 9. Допустимые токовые нагрузки на провода и шины	50
§ 10. Заземление	52
§ 11. Выбор источников света, напряжения питания и установки светильников	53
§ 12. Приемка в эксплуатацию внутрицевых электросетей и осветительных электроустановок	56
§ 13. Надзор и уход за внутрицевыми сетями и осветительными электроустановками	59
Глава III. Кабельные линии	60
§ 14. Общие сведения	60
§ 15. Выбор кабелей	61
§ 16. Допустимые длительные токовые нагрузки на кабели	63
§ 17. Приемка в эксплуатацию кабельных линий	65
§ 18. Надзор и уход за кабельными линиями	67
§ 19. Профилактические испытания кабельных линий	70
§ 20. Ремонт кабельных линий	71
Глава IV. Воздушные линии электропередачи	81
§ 21. Термины и определения	81
§ 22. Приемка в эксплуатацию ВЛ	82
§ 23. Надзор и уход за ВЛ напряжением до 1000 В	88
§ 24. Надзор и уход за ВЛ напряжением выше 1000 В	89
Глава V. Силовое электрооборудование	91
§ 25. Термины и определения	91
§ 26. Выбор электродвигателей и обозначение выводов обмоток	94
§ 27. Приемка в эксплуатацию электродвигателей	101

§ 28. Надзор и уход за электродвигателями	102
§ 29. Смазка подшипников электрических машин и масла для них	109
§ 30. Надзор и уход за пускорегулирующей аппаратурой	111
§ 31. Безопасность труда при обслуживании электродвигателей	112
Глава VI. Распределительные устройства и трансформаторные подстанции	114
§ 32. Термины и определения	114
§ 33. Приемка в эксплуатацию ТП	115
§ 34. Надзор и уход за РУ напряжением до 1000 В	121
§ 35. Надзор и уход за РУ напряжением выше 1000 В	122
§ 36. Надзор и уход за силовыми трансформаторами	126
§ 37. Эксплуатация изоляционного масла	129
§ 38. Эксплуатация аккумуляторных установок	130
§ 39. Безопасность труда при обслуживании ТП	132
Глава VII. Организация ремонта электрооборудования	134
§ 40. Общие сведения	134
§ 41. Организация ремонтной базы	135
§ 42. Средства механизации ремонтных работ	136
Глава VIII. Ремонт электрической аппаратуры напряжением до 1000 В	137
§ 43. Неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов	137
§ 44. Ремонт переключателей и реостатов	138
§ 45. Ремонт контакторов и магнитных пускателей	140
Глава IX. Ремонт силовых трансформаторов	144
§ 46. Общие сведения	144
§ 47. Приемка в ремонт, разборка и выявление дефектов трансформаторов	148
§ 48. Ремонт наружных узлов трансформаторов	159
§ 49. Сборка и испытания отремонтированных трансформаторов	165
Глава X. Ремонт электрических машин	168
§ 50. Общие сведения	168
§ 51. Приемка в ремонт, разборка и выявление дефектов электродвигателей	172
§ 52. Ремонт деталей и узлов электрических машин	180
§ 53. Сборка и испытания отремонтированных электродвигателей	188